

PAT-NO: JP410214783A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 10214783 A

TITLE: DEVICE AND METHOD FOR PROJECTION ALIGNMENT

PUBN-DATE: August 11, 1998

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

NISHI, TAKECHIKA

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

NIKON CORP

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP09343740

APPL-DATE: November 28, 1997

INT-CL (IPC): H01L021/027, G03F007/20, G03F009/00

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve the throughput of a projection aligner and to reduce the size and weight of a substrate stage.

SOLUTION: The operations of two stages WS1 and WS2 are controlled, so that the positional relation between the alignment mark of a substrate W2 and a reference plate FM2 on the stage WS2 may be detected accurately by using the detected results of an alignment system 24b and measured values on a length measuring axis BI5Y, while the substrate W1 is exposed through a projection optical system PL by controlling the position of the stage WS1 by using measured values on length measuring axes BI1X and BI3Y. When the operations of

both stages WS1 and WS2 are terminated, in addition, the interferometer on the axis BI3Y is reset in a state where the position of the stage WS2 can be measured by using the measured values on the axis BI3Y and, at the same time, the operations of the stage WS2 are controlled so that the reference plate FM2 can be positioned to a position, where the positional relation between the interferometer and a prescribed reference point (projecting center of the image of a mask pattern) in the projection area of the projection optical system can be detected.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-214783

(43) 公開日 平成10年(1998) 8月11日

(51) Int.Cl.⁴
H 0 1 L 21/027
G 0 3 F 7/20
9/00

識別記号

5 2 1

F I

H 0 1 L 21/30 5 2 5 E

G 0 3 F 7/20 5 2 1

9/00 H

H 0 1 L 21/30 5 1 6 B

審査請求 未請求 請求項の数11 F D (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願平9-343740

(22) 出願日 平成9年(1997)11月28日

(31) 優先権主張番号 特願平8-332843

(32) 優先日 平8(1996)11月28日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 西 健爾

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

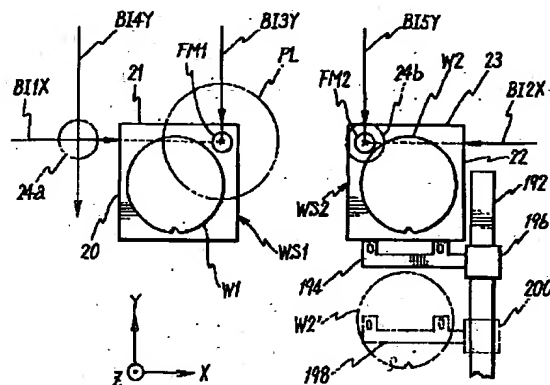
(74) 代理人 弁理士 立石 篤司 (外1名)

(54) 【発明の名称】 投影露光装置及び投影露光方法

(57) 【要約】

【課題】 スループットの向上及び基板ステージの小型・軽量化を図る。

【解決手段】 測長軸BI1X、BI3Yの計測値を用いてステージWS1の位置を管理しつつ基板W1に対し投影光学系PLを介しての露光が行なわれる間に、ステージWS2上の基板W2のアライメントマークと基準板FM2との位置関係がアライメント系24bの検出結果と測長軸BI5Yの計測値を用いて正確に検出されるように、2つのステージの動作を制御する。また、両ステージの動作が終了すると、測長軸BI3Yの計測値を用いてステージWS2の位置計測が可能な状態で測長軸BI3Yの干渉計をリセットするとともに、投影光学系の投影領域内の所定の基準点(マスクパターン像の投影中心)との位置関係を検出可能な位置に基準板FM2が位置決めされるようにステージWS2の動作を制御する。



1.

【特許請求の範囲】

【請求項1】 マスクに形成されたパターンの像を投影光学系を介して感応基板上に投影露光する投影露光装置であって、

感応基板を保持して2次元平面内を移動可能な第1基板ステージと；感応基板を保持して前記第1基板ステージと同一平面内を前記第1基板ステージとは独立に移動可能な第2基板ステージと；前記投影光学系とは別に設けられ、前記基板ステージ上又は前記基板ステージに保持された感応基板上のマークを検出するためのアライメント系と；前記投影光学系の投影中心と前記アライメント系の検出中心とを通る第1軸方向の一方側から前記第1基板ステージの前記第1軸方向の位置を常に計測する第1測長軸と、前記第1軸方向の他方側から前記第2基板ステージの前記第1軸方向の位置を常に計測する第2測長軸と、前記投影光学系の投影中心で前記第1軸と垂直に交差する第3測長軸と、前記アライメント系の検出中心で前記第1軸と垂直に交差する第4測長軸とを備え、これらの測長軸により前記第1及び第2基板ステージの2次元位置をそれぞれ計測する干渉計システムと；前記第1基板ステージ及び第2基板ステージの内の一方のステージの位置が前記干渉計システムの前記第3測長軸の計測値を用いて管理され、該一方のステージに保持された感応基板が露光される間に、前記第1基板ステージ及び第2基板ステージの内の他方のステージに保持された感応基板上のアライメントマークと前記他方のステージ上の基準点との位置関係が前記アライメント系の検出結果と前記干渉計システムの第4測長軸の計測値とを用いて検出されるように前記2つの基板ステージの動作を制御した後に、前記第3測長軸の計測値を用いて前記他方のステージの位置計測が可能な状態で前記第3測長軸の干渉計をリセットするとともに、前記投影光学系の投影領域内の所定の基準点との位置関係を検出可能な位置に前記他方のステージ上の基準点が位置決めされるように前記他方のステージの動作を制御する制御手段と；を有する投影露光装置。

【請求項2】 前記投影光学系に関して前記アライメント系の反対側に前記第1軸上に検出中心を有する別のアライメント系を有し、

前記干渉計システムは、前記別のアライメント系の検出中心で前記第1軸と垂直に交差する第5測長軸を備え、前記制御手段は、前記一方のステージの位置が前記干渉計システムの前記第3測長軸の計測値を用いて管理され、該一方のステージに保持された感応基板が露光される間に、前記他方のステージに保持された感応基板上のアライメントマークと前記他方のステージ上の基準点との位置関係が前記アライメント系の検出結果と前記干渉計システムの第4測長軸の計測値とを用いて検出されるように前記2つの基板ステージの動作を制御した後に、前記第5測長軸の計測値を用いて前記一方のステージの

2

位置計測が可能な状態で前記第5測長軸の干渉計をリセットするとともに、前記別のアライメント系の検出領域内に前記一方の基板ステージ上の基準点が位置決めされるように前記一方のステージの動作を制御することを特徴とする請求項1に記載の投影露光装置。

【請求項3】 前記第1基板ステージ及び前記第2基板ステージとの間で感応基板の受け渡しを行なう搬送システムをさらに有し、

前記制御手段は、前記別のアライメント系の検出領域内に前記一方の基板ステージ上の基準点を位置決めした状態で、前記一方のステージと前記搬送システムとの間で基板の受け渡しを行なうことを特徴とする請求項2に記載の投影露光装置。

【請求項4】 前記第1基板ステージ及び前記第2基板ステージ上には前記ステージの基準点としての基準マークがそれぞれ形成され、

前記投影光学系の投影領域内の所定の基準点は前記マスクのパターン像の投影中心であり、

前記マスクのパターン像の投影中心と前記ステージ上の基準マークとの相対位置関係を前記マスクと前記投影光学系を介して検出するマーク位置検出手段を更に有することを特徴とする請求項1に記載の投影露光装置。

【請求項5】 マスクのパターンを投影光学系を介して感応基板上に投影露光する投影露光方法であって、感応基板を保持して各々同一の平面内を独立に移動可能な2つの基板ステージを用意し、

所定の干渉計により前記2つのステージの内の一方の位置計測を行いながら、該一方のステージに保持された感応基板上に前記マスクのパターン像を投影露光し、前記一方のステージに保持された基板の露光中に、前記所定の干渉計とは別の干渉計により前記2つのステージの内の他方のステージの位置計測を行いながら、該他方のステージに保持された基板上の位置合わせマークと前記他方のステージ上の基準点との位置関係を計測し、

前記一方のステージに保持された基板の露光終了後に、前記所定の干渉計により前記他方のステージの位置計測が可能な状態で前記所定の干渉計のリセットをするとともに、前記投影光学系の投影領域内の所定の基準点との位置関係を検出可能な位置に前記他方のステージの基準点を位置決めし、

前記計測された位置関係に基づき、前記リセットされた所定の干渉計を用いて前記他方のステージ上に保持された感応基板とマスクのパターン像との位置合わせを行うことを特徴とする投影露光方法。

【請求項6】 マスクに形成されたパターンを投影光学系を介して感応基板上に投影露光する投影露光装置であって、

感応基板を保持して2次元平面内を移動可能な第1基板ステージと；感応基板を保持して前記第1基板ステージと同一平面内を前記第1基板ステージとは独立に移動可

能な第2基板ステージと；前記投影光学系とは別に設けられ、前記基板ステージ上の基準マーク及び前記基板ステージに保持された感応基板上のマークを検出するためのアライメント系と；前記投影光学系の投影中心と前記アライメント系の検出中心とを通る第1軸方向の一方側から前記第1基板ステージの前記第1軸方向の位置を計測するための第1測長軸と、前記第1軸方向の他方側から前記第2基板ステージの前記第1軸方向の位置を計測するための第2測長軸と、前記投影光学系の投影中心で前記第1軸と直交する第3測長軸と、前記アライメント系の検出中心で前記第1軸と直交する第4測長軸とを備え、これらの測長軸により前記第1及び第2基板ステージの2次元位置をそれぞれ計測する干渉計システムと；前記第1基板ステージ及び前記第2基板ステージの内の一方のステージの位置を前記干渉計システムの第3測長軸を用いて管理しつつ該一方のステージ上の感応基板を露光している間に、前記他方のステージの位置を前記干渉計システムの第4測長軸を使って管理しつつ前記他方のステージに保持された感応基板上のマークと前記他方のステージ上の基準マークとの位置関係を前記アライメント系を用いて求めるとともに、前記一方のステージに保持された感応基板の露光後に、前記他方のステージの位置を前記第3測長軸を用いて管理しつつ前記投影光学系による前記マスクのパターン像の投影位置と前記他方のステージ上の基準マークとの位置関係を求める制御手段と；を有することを特徴とする投影露光装置。

【請求項7】 前記一方のステージに保持された感応基板の露光後であって前記投影光学系による前記マスクのパターン像の投影位置と前記他方のステージ上の基準マークとの位置関係を求めるときに、前記干渉計システムの第3測長軸の計測値をリセットすることを特徴とする請求項6に記載の投影露光装置。

【請求項8】 前記制御手段は、前記他方のステージに保持された感応基板上のマークとその他方のステージ上の基準マークとの位置関係及び、前記投影光学系による前記マスクのパターン像の投影位置と前記他方のステージ上の基準マークとの位置関係を求めたときの前記第3測長軸の計測結果に基づいて前記他方のステージの位置を制御しながら前記他方のステージに保持された感応基板を露光することを特徴とする請求項6に記載の投影露光装置。

【請求項9】 前記制御手段は、前記他方のステージに保持された感応基板の露光後に、前記他方のステージ上の基準マークが前記アライメント系の検出領域内に入るように前記他方のステージを位置決めして感応基板の交換を行うことを特徴とする請求項8に記載の投影露光装置。

【請求項10】 前記他方のステージ上の基準マークを前記アライメント系で検出するときに前記干渉計システムの第4測長軸の計測値をリセットすることを特徴とす

る請求項9に記載の投影露光装置。

【請求項11】 マスクに形成されたパターンの像を投影光学系を介して感応基板上に投影露光する投影露光装置であって、

感応基板を保持して2次元平面内を移動可能な第1基板ステージと；感応基板を保持して前記第1基板ステージと同一平面内を前記第1基板ステージとは独立に移動可能な第2基板ステージと；前記第1基板ステージ及び前記第2基板ステージとの間で感応基板の受け渡しを行う搬送システムと；前記投影光学系とは別に設けられ、前記基板ステージ上の基準マーク及び前記基板ステージに保持された基板のマークを検出するためのアライメント系と；前記第1基板ステージと前記第2基板ステージの内の一方のステージが前記搬送システムと感応基板の受け渡しを行う間に、他方のステージが露光動作を行うように前記2つの基板ステージを制御する制御手段とを有し、

該制御手段は、前記一方のステージが前記搬送システムとの間で感応基板の受け渡しを行うときに前記一方のステージ上の基準マークが前記アライメント系の検出領域内に入るように前記一方のステージを制御することを特徴とする投影露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、投影露光装置及び投影露光方法に係り、更に詳しくはマスクに形成されたパターンの像を投影光学系を介して感応基板上に投影露光する投影露光装置及び投影露光方法に関し、特に2つの基板ステージを独立して移動させて、露光処理と他の処理とを並行して行なう点に特徴を有するものである。

【0002】

【従来の技術】従来より、半導体素子又は液晶表示素子等をフォトリソグラフィ工程で製造する場合に、種々の露光装置が使用されているが、現在では、フォトマスク又はレチクル（以下、「レチクル」と総称する）のパターン像を、投影光学系を介して表面にフォトレジスト等の感光材が塗布されたウエハ又はガラスプレート等の基板（以下、適宜「感応基板」と称する）上に転写する投影露光装置が一般的に使用されている。近年では、この投影露光装置として、感応基板を2次元的に移動自在な基板ステージ上に載置し、この基板ステージにより感応基板を歩進（ステッピング）させて、レチクルのパターン像を感応基板上の各ショット領域に順次露光する動作を繰り返す、所謂ステップ・アンド・リピート方式の縮小投影露光装置（いわゆるステッパー）が主流となっている。

【0003】最近になって、このステッパー等の一括型露光装置に改良を加えた、ステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置（例えば特開平7-176468号公報等に記載された様な走査型露光装置）も比較的多く

用いられるようになってきた。このステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置は、①ステッパーに比べると大フィールドをより小さな光学系で露光できるため、投影光学系の製造が容易であるとともに、大フィールド露光によるショット数の減少により高スループットが期待出来る、②投影光学系に対してレチクル及びウエハを相対走査することで平均化効果があり、ディストーションや焦点深度の向上が期待出来る等のメリットがある。さらに、半導体素子の集積度が16M(メガ)から64MのDRAM、更に将来的には256M、1G(ギガ) 10

【0004】

【発明が解決しようとする課題】この種の投影露光装置は、主として半導体素子等の量産機として使用されるものであることから、一定時間内にどれだけの枚数のウエハを露光処理できるかという処理能力、すなわちスループットを向上させることが必然的に要請される。

【0005】これに関し、ステップ・アンド・スキャン 20 方式の投影露光装置の場合、大フィールドを露光する場合には先に述べたように、ウエハ内に露光するショット数が少なくなるのでスループットの向上が見込まれるが、露光はレチクルとウエハとの同期走査による等速移動中に行なわれることから、その等速移動領域の前後に加減速領域が必要となり、仮にステッパーのショットサイズと同等の大きさのショットを露光する場合には、却ってステッパーよりスループットが落ちる可能性がある。

【0006】この種の投影露光装置における処理の流れ 30 は、大要次のようになっている。

【0007】① まず、ウエハローダを使ってウエハをウエハテーブル上にロードするウエハロード工程が行なわれる。

【0008】② 次に、サーチアライメント機構によりウエハの大まかな位置検出を行なうサーチアライメント工程が行なわれる。このサーチアライメント工程は、具体的には、例えば、ウエハの外形を基準としたり、ある*

$$THOR = 3600 / (T1 + T2 + T3 + T4) \dots\dots\dots (1)$$

上記T1～T4の動作は、T1→T2→T3→T4→T 40 ※ 1……のように順次(シーケンシャルに)繰り返して実行される。このため、T1～T4までの個々の要素を高速化すれば分母が小さくなって、スループットTHORを向上させることができる。しかし、上述したT1(ウエハ交換時間)とT2(サーチアライメント時間)は、ウエハ1枚に対して一動作が行なわれるだけであるから改善の効果は比較的小さい。また、T3(ファインアライメント時間)の場合は、上述したEGA方式を用いる際にショットのサンプリング数を少なくしたり、ショット単体の計測時間を短縮すればスループットを向上させる※50

*いは、ウエハ上のサーチアライメントマークを検出することにより行なわれる。

【0009】③ 次に、ウエハ上の各ショット領域の位置を正確に求めるファインアライメント工程が行なわれる。このファインアライメント工程は、一般にEGA(エンハンスド・グローバル・アライメント)方式が用いられ、この方式は、ウエハ内の複数のサンプルショットを選択しておき、当該サンプルショットに付設されたアライメントマーク(ウエハマーク)の位置を順次計測し、この計測結果とショット配列の設計値とに基づいて、いわゆる最小自乗法等による統計演算を行なって、ウエハ上の全ショット配列データを求めるものであり(特開昭61-44429号公報等参照)、高スループットで各ショット領域の座標位置を比較的高精度に求めることができる。

【0010】④ 次に、上述したEGA方式等により求めた各ショット領域の座標位置と予め計測したベースライン量とに基づいて露光位置にウエハ上の各ショット領域を順次位置決めしつつ、投影光学系を介してレチクルのパターン像をウエハ上に転写する露光工程が行なわれる。

【0011】⑤ 次に、露光処理されたウエハテーブル上のウエハをウエハアンローダを使ってウエハアンロードさせるウエハアンロード工程が行なわれる。このウエハアンロード工程は、露光処理を行なうウエハの上記①のウエハロード工程と同時に進行される。すなわち、①と⑤とによってウエハ交換工程が構成される。

【0012】このように、従来の投影露光装置では、ウエハ交換→サーチアライメント→ファインアライメント→露光→ウエハ交換……のように、大きく4つの動作が1つのウエハステージを用いて繰り返して行なわれている。

【0013】また、この種の投影露光装置のスループットTHOR[枚/時間]は、上述したウエハ交換時間をT1、サーチアライメント時間をT2、ファインアライメント時間をT3、露光時間をT4とした場合に、次式(1)のように表すことができる。

【0014】

※ 40 ことができるが、逆にアライメント精度を劣化させることになるため、安易にT3を短縮することはできない。

【0015】また、T4(露光時間)は、ウエハ露光時間とショット間のステッピング時間とを含んでいる。例えば、ステップ・アンド・スキャン方式のような走査型投影露光装置の場合は、ウエハ露光時間を短縮させる分だけレチクルとウエハの相対走査速度を上げる必要があるが、同期精度が劣化することから、安易に走査速度を上げることができない。

【0016】また、この種の投影露光装置で上記スループット面の他に、重要な条件としては、①解像度、②焦

点深度 (DOF: Depth of Focus)、③線幅制御精度が挙げられる。解像度Rは、露光波長を λ とし、投影レンズの開口数をN. A. (Numerical Aperture)とすると、 $\lambda/N. A.$ に比例し、焦点深度DOFは $\lambda/(N. A.)^2$ に比例する。

【0017】このため、解像度Rを向上させる(Rの値を小さくする)には、露光波長 λ を小さくするか、あるいは開口数N. A. を大きくする必要がある。特に、最近では半導体素子等の高密度化が進んでおり、デバイスルールが0.2 μm L/S (ライン・アンド・スペース) 以下となってきたことから、これらのパターンを露光する為には照明光源としてKrFエキシマレーザを用いている。しかしながら、前述したように半導体素子の集積度は、将来的に更に上がることは必至であり、KrFより短波長な光源を備えた装置の開発が望まれる。このようなより短波長な光源を備えた次世代の装置の候補として、ArFエキシマレーザを光源とした装置、電子線露光装置等が代表的に挙げられるが、ArFエキシマレーザの場合は、酸素のある所では光が殆ど透過せず、高出力が出にくい上、レーザの寿命も短く、装置コストが高いという技術的な課題が山積しており、また、電子線露光装置の場合、光露光装置に比べてスループットが著しく低いという不都合があることから、短波長化を主な観点とした次世代機の開発は思うようにいかないというのが現実である。

【0018】解像度Rを上げる他の手法としては、開口数N. A. を大きくすることも考えられるが、N. A. を大きくすると、投影光学系のDOFが小さくなるというデメリットがある。このDOFは、UDOF (User Depth of Focus: ユーザ側で使用する部分: パターン段差やレジスト厚等)と、装置自身の総合焦点差とに大別することができる。これまでは、UDOFの比率が大きかったため、DOFを大きく取る方向が露光装置開発の主軸であり、このDOFを大きくとる技術として例えば変形照明等が実用化されている。

【0019】ところで、デバイスを製造するためには、L/S (ライン・アンド・スペース)、孤立L (ライン)、孤立S (スペース)、及びCH (コンタクトホール) 等が組み合わさったパターンをウエハ上に形成する必要があるが、上記のL/S、孤立ライン等のパターン形状毎に最適露光を行なうための露光パラメータが異なっている。このため、従来は、ED-TREE (レチクルが異なるCHは除く) という手法を用いて、解像線幅が目標値に対して所定の許容誤差内となり、かつ所定のDOFが得られるような共通の露光パラメータ (コヒーレンスファクタ σ 、N. A.、露光制御精度、レチクル描画精度等) を求めて、これを露光装置の仕様とすることが行なわれている。しかしながら、今後は以下のような技術的な流れがあると考えられている。

【0020】①プロセス技術 (ウエハ上平坦化) 向上に

より、パターン低段差化、レジスト厚減少が進み、UDOFが1 μm 台→0.4 μm 以下になる可能性がある。

【0021】②露光波長がg線 (436nm) → i線 (365nm) → KrF (248nm) と短波長化している。しかし、今後はArF (193) までの光源しか検討されてなく、その技術的ハードルも高い。その後はEB露光に移行する。

【0022】③ステップ・アンド・リピートのような静止露光に代わりステップ・アンド・スキャンのような走査露光がステッパの主流になる事が予想されている。この技術は、径の小さい投影光学系で大フィールド露光が可能であり (特にスキャン方向)、その分高N. A. 化を実現し易い。

【0023】上記のような技術動向を背景にして、限界解像度を向上させる方法として、二重露光法が見直され、この二重露光法をKrF及び将来的にはArF露光装置に用い、0.1 μm L/Sまで露光しようという試みが検討されている。一般に二重露光法は以下の3つの方法に大別される。

【0024】(1) 露光パラメータの異なるL/S、孤立線を別々のレチクルに形成し、各々最適露光条件により同一ウエハ上に二重に露光を行なう。

【0025】(2) 位相シフト法等を導入すると、孤立線よりL/Sの方が同一DOFにて限界解像度が高い。これを利用することにより、1枚目のレチクルで全てのパターンをL/Sで形成し、2枚目のレチクルにてL/Sを間引きすることで孤立線を形成する。

【0026】(3) 一般に、L/Sより孤立線は、小さなN. A. にて高い解像度を得ることができる (但し、DOFは小さくなる)。そこで、全てのパターンを孤立線で形成し、1枚目と2枚目のレチクルによってそれぞれ形成した孤立線の組み合わせにより、L/Sを形成する。

【0027】上記の二重露光法は解像度向上、DOF向上の2つの効果がある。

【0028】しかし、二重露光法は、複数のレチクルを使って露光処理を複数回行なう必要があるため、従来の装置に比べて露光時間 (T4) が倍以上になり、スループットが大幅に劣化するという不都合があったことから、現実には、二重露光法はあまり真剣に検討されてなく、従来より露光波長の紫外化、変形照明、位相シフトレチクル等により、解像度、焦点深度 (DOF) の向上が行なわれてきた。

【0029】しかしながら、先に述べた二重露光法をKrF, ArF露光装置に用いると0.1 μm L/Sまでの露光が実現することにより、256M、1GのDRAMの量産を目的とする次世代機の開発の有力な選択肢であることは疑いなく、このためのネックとなる二重露光法の課題であるスループットの向上のため新技術の開発が特望されていた。

【0030】これに関し、前述した4つの動作、すなわちウエハ交換、サーチアライメント、ファインアライメント、及び露光動作の内の複数動作同士を部分的にでも同時並行的に処理できれば、これら4つの動作をシーケンシャルに行なう場合に比べて、スループットを向上させることができると考えられ、そのためには基板ステージを複数設けることが前提となるが、このことは理論上は簡単に思えるが、現実には基板ステージを複数設け、十分な効果を発揮させるためには、解決しなければならない多くの問題が山積している。例えば、現状と同程度の大きさの基板ステージを単に2つ並べて配置するのでは、装置の設置面積（いわゆるフットプリント）が著しく増大し、露光装置が置かれるクリーンルームのコストアップを招くという不都合がある。また、高精度な重ね合わせを実現するためには、同一の基板ステージ上の感応基板に対し、アライメントを実行した後、そのアライメントの結果を用いてマスクのパターン像と感応基板の位置合わせを実行して露光を行なう必要があるため、単に2つの基板ステージの内、一方を例えば露光専用、他方をアライメント専用等とすることは、現実的な解決策とは成り得ない。

【0031】本発明は、かかる事情の下になされたもので、その第1の目的は、露光動作とアライメント動作等との並行処理によりスループットの向上及び基板ステージの小型・軽量化を図ることが可能な投影露光装置を提供することにある。

【0032】また、本発明の第2の目的は、スループットの向上及びステージの小型・軽量化を図ることが可能な投影露光方法を提供することにある。

【0033】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明は、マスク(R)に形成されたパターン像を投影光学系(PL)を介して感応基板(W1、W2)上に投影露光する投影露光装置であって、感応基板(W1)を保持して2次元平面内を移動可能な第1基板ステージ(WS1)と；感応基板(W2)を保持して前記第1基板ステージ(WS1)と同一平面内を前記第1基板ステージ(WS1)とは独立に移動可能な第2基板ステージ(WS2)と；前記投影光学系(PL)とは別に設けられ、前記基板ステージ(WS1、WS2)上又は前記基板ステージ(WS1、WS2)に保持された感応基板(W1、W2)上のマークを検出するためのアライメント系(例えば24a)と；前記投影光学系(PL)の投影中心と前記アライメント系(24a)の検出中心とを通る第1軸方向の一方側から前記第1基板ステージ(WS1)の前記第1軸方向の位置を常に計測する第1測長軸(BI1X)と、前記第1軸方向の他方側から前記第2基板ステージ(WS2)の前記第1軸方向の位置を常に計測する第2測長軸(BI2X)と、前記投影光学系(PL)の投影中心で前記第1軸と垂直に交差する第3

測長軸(BI3Y)と、前記アライメント系(24a)の検出中心で前記第1軸と垂直に交差する第4測長軸(BI4Y)とを備え、これらの測長軸(BI1X~BI4Y)により前記第1及び第2基板ステージ(WS1及びWS2)の2次元位置をそれぞれ計測する干涉計システムと；前記第1基板ステージ(WS1)及び第2基板ステージ(WS2)の内の一方のステージの位置が前記干涉計システムの前記第3測長軸(BI3Y)の計測値を用いて管理され、該一方のステージに保持された感応基板が露光される間に、前記第1基板ステージ(WS1)及び第2基板ステージ(WS2)の内の他方のステージに保持された感応基板上のアライメントマークと前記他方のステージ上の基準点との位置関係が前記アライメント系(24a)の検出結果と前記干涉計システムの第4測長軸(BI4Y)の計測値とを用いて検出されるように前記2つの基板ステージ(WS1、WS2)の動作を制御した後に、前記第3測長軸(BI3Y)の計測値を用いて前記他方のステージの位置計測が可能な状態で前記第3測長軸(BI3Y)の干涉計をリセットするとともに、前記投影光学系(PL)の投影領域内の所定の基準点との位置関係を検出可能な位置に前記他方のステージ上の基準点が位置決めされるように前記他方のステージの動作を制御する制御手段(90)と；を有する。

【0034】これによれば、干涉計システムの第1測長軸、第2測長軸により第1基板ステージ、第2基板ステージの第1軸方向の位置が常に計測されるので、いずれの基板ステージについても第1軸方向に垂直な方向の位置を露光時、アライメントマーク計測時等に正確に計測すれば、第1、第2基板ステージの2次元位置を管理できる。この場合、制御手段では、第1基板ステージ及び第2基板ステージの内の一方のステージの位置が干涉計システムの第3測長軸の計測値を用いて管理され、該一方のステージに保持された感応基板が露光される間に、第1基板ステージ及び第2基板ステージの内の他方のステージに保持された感応基板上のアライメントマークと他方のステージ上の基準点との位置関係がアライメント系の検出結果と干涉計システムの第4測長軸の計測値とを用いて検出されるように2つの基板ステージの動作を制御した後に、第3測長軸の計測値を用いて他方のステージの位置計測が可能な状態で第3測長軸の干涉計をリセットするとともに、投影光学系の投影領域内の所定の基準点との位置関係を検出可能な位置に他方のステージ上の基準点が位置決めされるように他方のステージの動作を制御する。

【0035】すなわち、制御手段では前記一方のステージに保持された感応基板に対し、投影光学系の投影中心で第1軸方向の測長軸(第1測長軸及び第2測長軸)に垂直に交差する第3測長軸の計測値を用いて一方のステージの位置をアッペ誤差なく管理しつつ投影光学系を介

してのマスクのパターン像の露光が行なわれる間に、他方のステージに保持された感応基板上のアライメントマークと他方のステージ上の基準点との位置関係がアライメント系の検出結果とアライメント系の検出中心で第1軸方向の測長軸（第1測長軸及び第2測長軸）に垂直に交差する第4測長軸の計測値を用いてアッペ誤差なく正確に検出されるように、2つの基板ステージの動作を制御することができ、このようにして一方の基板ステージ上の露光動作と他方のステージ上のアライメント動作とを並行して行なうことができるので、スループットの向上を図ることが可能である。

【0036】また、制御手段では、上記の両ステージの動作が終了すると、第3測長軸の計測値を用いて他方のステージの位置計測が可能な状態で第3測長軸の干渉計をリセットするとともに、投影光学系の投影領域内の所定の基準点との位置関係を検出可能な位置に他方のステージ上の基準点が位置決めされるように他方のステージの動作を制御する。このため、ステージ上の基準点と感応基板上のアライメントマークとの位置関係が計測された（アライメントが終了した）他方のステージについては、アライメントマークの計測時に使用された第4測長軸が計測不能状態におちいっても、何等の不都合なく、第3測長軸の計測値を用いてその位置を管理することができるようになり、他方のステージ上の基準点と投影光学系の投影領域内の所定の基準点との位置関係を検出し、この位置関係と前記アライメント計測結果と第3測長軸の計測値とを用いて投影光学系の投影領域と感応基板との位置合わせを行ないつつ露光を行なうことが可能となる。すなわち、アライメント時の他方のステージの位置を管理していた測長軸が計測不能となっても、別の測長軸により露光時の他方のステージの位置管理を行なうことが可能となることから、上記各測長軸の干渉計ビームを反射させるためのステージ反射面を小型化することができ、これにより基板ステージを小型化することができる。

【0037】請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の投影露光装置において、前記投影光学系（PL）に関して前記アライメント系（24a）の反対側に前記第1軸上に検出中心を有する別のアライメント系（24b）を有し、前記干渉計システムは、前記別のアライメント系（24b）の検出中心で前記第1軸と垂直に交差する第5測長軸（BI5Y）を備え、前記制御手段（90）は、前記一方のステージの位置が前記干渉計システムの前記第3測長軸（BI3Y）の計測値を用いて管理され、該一方のステージに保持された感応基板が露光される間に、前記他方のステージに保持された感応基板上のアライメントマークと前記他方のステージ上の基準点との位置関係が前記アライメント系の検出結果と前記干渉計システムの第4測長軸（BI4Y）の計測値とを用いて検出されるように前記2つの基板ステージの動作を制

御した後に、前記第5測長軸（BI5Y）の計測値を用いて前記一方のステージの位置計測が可能な状態で前記第5測長軸（BI5Y）の干渉計をリセットするとともに、前記別のアライメント系（24b）の検出領域内に前記一方の基板ステージ上の基準点が位置決めされるように前記一方のステージの動作を制御することを特徴とする。

【0038】これによれば、制御手段では前記一方のステージに保持された感応基板に対し、投影光学系の投影中心で第1軸方向の測長軸（第1測長軸及び第2測長軸）に垂直に交差する第3測長軸の計測値を用いて一方のステージの位置をアッペ誤差なく管理しつつ投影光学系を介してのマスクのパターン像の露光が行なわれる間に、他方のステージに保持された感応基板上のアライメントマークと他方のステージ上の基準点との位置関係がアライメント系の検出結果とアライメント系の検出中心で第1軸方向の測長軸（第1測長軸及び第2測長軸）に垂直に交差する第4測長軸の計測値を用いてアッペ誤差なく正確に検出されるように、2つの基板ステージの動作を制御することができ、このようにして一方の基板ステージ上の露光動作と他方のステージ上のアライメント動作とが並行して行なわれることとなる。

【0039】また、制御手段では、上記の両ステージの動作が終了すると、第5測長軸の計測値を用いて一方のステージの位置計測が可能な状態で第5測長軸の干渉計をリセットするとともに、別のアライメント系の検出領域内に一方の基板ステージ上の基準点が位置決めされるように一方のステージの動作を制御する。このため、感応基板に対する露光が終了した一方のステージについては、露光時に使用された第3測長軸が計測不能状態になっても、何等の不都合なく、別のアライメント系の検出中心で第1軸方向の測長軸（第1測長軸及び第2測長軸）に垂直に交差する第5測長軸の計測値を用いてアッペ誤差なくその位置を管理することができるようになり、別のアライメント系により一方の基板ステージ上の基準点の位置と、一方のステージ上に保持された感応基板のアライメントマークの位置とを露光に引き続いて計測することができるようになる。従って、2つの基板ステージを第1軸方向にずらし、アライメント動作が終了した他方の基板ステージの位置計測が第3測長軸の計測値を用いて可能な状態で第3測長軸の干渉計をリセットし、第5測長軸の計測値を用いて露光動作が終了した一方のステージの位置計測が可能な状態で第5測長軸の干渉計をリセットすることにより、一方のステージ側の露光動作と他方のステージ側の露光動作を容易に切り替えることが可能になる。

【0040】この場合において、請求項3に記載の発明の如く、第1基板ステージ（WS1）及び第2基板ステージ（WS2）との間で感応基板（W1、W2）の受け渡しを行なう搬送システム（180～200）をさらに

有する場合には、前記制御手段は、前記別のアライメント系(24b)の検出領域内に前記一方の基板ステージ上の基準点を位置決めした状態で、前記一方のステージと前記搬送システム(180~200)との間で基板の受け渡しを行なうようにすることが望ましい。このようにする場合には、上記の露光動作とアライメント動作との切り替えに加え、制御手段により、干渉計システムの第5測長軸のリセットとともに別のアライメント系の検出領域内に一方の基板ステージ上の基準点を位置決めした状態で一方のステージと搬送システムとの間で基板の受け渡しが行なわれるので、アライメント開始動作である基準点の位置計測と感応基板の交換とを基板ステージの静止状態で行なうことができる。更に、基板交換位置からアライメント開始位置への基板ステージの移動時間が零となるのに加え、先に説明した時間T1、時間T2及び時間T3の動作を一方の基板ステージ側で行ない、時間T4の動作を他方の基板ステージ側で行なうことが可能になるので、請求項2に記載の発明の場合に比べても一層スループットの向上を図ることが可能となる。

【0041】請求項4に記載の発明は、請求項1に記載の投影露光装置において、前記第1基板ステージ(WS1)及び前記第2基板ステージ(WS2)上には前記ステージの基準点としての基準マーク(MK1、MK2、MK3)がそれぞれ形成され、前記投影光学系(PL)の投影領域内の所定の基準点は前記マスク(R)のパターン像の投影中心であり、前記マスク(R)のパターン像の投影中心と前記ステージ上の基準マークとの相対位置関係を前記マスク(R)と前記投影光学系(PL)を介して検出するマーク位置検出手段(142、144)を更に有することを特徴とする。

【0042】これによれば、制御手段では一方のステージに保持された感応基板に対し、第3測長軸の計測値を用いて一方のステージの位置をアップ誤差なく管理しつつ投影光学系を介してのマスクのパターン像の露光が行なわれる間に、他方のステージに保持された感応基板上的アライメントマークと他方のステージ上の基準マーク(MK2)との位置関係がアライメント系(24a)の検出結果と第4測長軸の計測値を用いてアップ誤差なく正確に検出されるように、2つの基板ステージの動作を制御することができ、このようにして一方の基板ステージ上の露光動作と他方のステージ上のアライメント動作とが並行して行なわれることとなる。

【0043】また、制御手段では、上記の両ステージの動作が終了すると、第3測長軸の計測値を用いて他方のステージの位置計測が可能な状態で第3測長軸の干渉計をリセットするとともに、マスクのパターン像の投影中心との位置関係を検出可能な位置に他方のステージ上の基準点(MK1、MK3)が位置決めされるように他方のステージの動作を制御する。このため、ステージ上の基準点(MK2)と感応基板上的アライメントマークと

の位置関係が計測された他方のステージについては、アライメントマークの計測時に使用された第4測長軸が計測不能状態になっても、何等の不都合なく、第3測長軸の計測値を用いてその位置を管理することができるようになり、他方のステージ上の基準点(MK1、MK3)とマスクのパターン像の投影中心との相対位置関係をマスク(R)と投影光学系(PL)を介して検出するマーク位置検出手段(142、144)を用いて検出することができ、この位置関係と前記アライメント計測結果と第3測長軸の計測値とを用いて投影光学系(PL)によるマスクのパターン像と感応基板との位置合わせを行なう露光を行なうことが可能となる。

【0044】請求項5に記載の発明は、マスク(R)のパターンの像を投影光学系(PL)を介して感応基板(W1、W2)上に投影露光する投影露光方法であって、感応基板(W1、W2)を保持して各々同一の平面内を独立に移動可能な2つの基板ステージ(WS1、WS2)を用意し、所定の干渉計により前記2つのステージの内の一方の位置計測を行いながら、該一方のステージに保持された感応基板上に前記マスクのパターン像を投影露光し、前記一方のステージに保持された基板の露光中に、前記所定の干渉計とは別の干渉計により前記2つのステージの内の他方のステージの位置計測を行いながら、該他方のステージに保持された感応基板上の位置合わせマークと前記他方のステージ上の基準点との位置関係を計測し、前記一方のステージに保持された感応基板の露光終了後に、前記所定の干渉計により前記他方のステージの位置計測が可能な状態で前記所定の干渉計をリセットをするとともに、前記投影光学系の投影領域内の所定の基準点との位置関係を検出可能な位置に前記他方のステージの基準点を位置決めし、前記計測された位置関係に基づき、前記リセットされた所定の干渉計を用いて前記他方のステージ上に保持された感応基板とマスクのパターン像との位置合わせを行うことを特徴とする。

【0045】これによれば、一方のステージに保持された感応基板の露光動作と、他方のステージに保持された感応基板の位置合わせマークと該ステージ上の基準点との位置関係の計測(アライメント動作)とが、並行して行われる。この際、一方のステージの位置は所定の干渉計によって管理され、他方のステージの位置は別の干渉計によって管理される。そして、一方のステージ側の露光動作が終了すると、それまで一方のステージの位置を管理していた所定の干渉計により他方のステージの位置計測が可能な状態でその所定の干渉計がリセットされるとともに、投影光学系の投影領域内の所定の基準点との位置関係を検出可能な位置に他方のステージの基準点が位置決めされる。続いて、先に計測された他方のステージに保持された感応基板上の位置合わせマークと他方のステージ上の基準点との位置関係に基づき、リセットさ

れた所定の干渉計を用いて他方のステージ上に保持された感応基板とマスクのパターン像との位置合わせが行われ、マスクのパターン像が感応基板上に投影露光される。

【0046】すなわち、一方の基板ステージに保持された感応基板の露光動作と他方のステージに保持された感応基板のアライメント動作とが並行して行われた後に、一方の基板ステージが所定の基板交換位置に退避すると並行して他方のステージが投影光学系の方に移動され、その他方のステージがその位置を所定の干渉計により計測可能な位置までくると、当該所定の干渉計がリセットされ、投影光学系の投影領域内の所定の基準点（例えば、マスクのパターン像の投影中心）との位置関係を検出可能な位置に他方のステージの基準点が位置決めされ、両者の位置関係が検出されると、この検出結果と先にアライメント動作の際に計測されたステージ上の基準点と位置合わせマークとの位置関係とに基づいてリセット後の所定の干渉計で位置を管理しつつ他方のステージ上に保持された感応基板とマスクのパターン像との位置合わせが露光時に行われる。

【0047】従って、一方の基板ステージ上の感応基板の露光動作と他方の基板ステージ上の感応基板のアライメント動作とを並行して行なうことによりスループットの向上を図ることができるとともに、アライメント時の他方のステージの位置を管理していた別の干渉計が計測不能となっても、所定の干渉計により露光時の他方のステージの位置管理を行なうことが可能となることから、上記各干渉計の干渉計ビームを反射させるためのステージ反射面を小型化することができ、これにより基板ステージを小型化することができる。

【0048】請求項6に記載の発明は、マスク(R)に形成されたパターン像を投影光学系(PL)を介して感応基板(W1、W2)上に投影露光する投影露光装置であって、感応基板(W1)を保持して2次元平面内を移動可能な第1基板ステージ(WS1)と；感応基板(W2)を保持して前記第1基板ステージ(WS1)と同一平面内を前記第1基板ステージ(WS1)とは独立に移動可能な第2基板ステージ(WS2)と；前記投影光学系(PL)とは別に設けられ、前記基板ステージ(WS1、WS2)上の基準マーク及び前記基板ステージに保持された感応基板上のマークを検出するためのアライメント系(例えば24a)と；前記投影光学系(PL)の投影中心と前記アライメント系(24a)の検出中心とを通る第1軸方向の一方側から前記第1基板ステージ(WS1)の前記第1軸方向の位置を計測するための第1測長軸(BI1X)と、前記第1軸方向の他方側から前記第2基板ステージ(WS2)の前記第1軸方向の位置を計測するための第2測長軸(BI2X)と、前記投影光学系(PL)の投影中心で前記第1軸と直交する第3測長軸(BI3Y)と、前記アライメント系(2

4a)の検出中心で前記第1軸と直交する第4測長軸(BI4Y)とを備え、これらの測長軸(BI1X~BI4Y)により前記第1及び第2基板ステージ(WS1及びWS2)の2次元位置をそれぞれ計測する干渉計システムと；前記第1基板ステージ(WS1)及び前記第2基板ステージ(WS2)の内の一方のステージの位置を前記干渉計システムの第3測長軸(BI3Y)を用いて管理しつつ該一方のステージ上の感応基板を露光している間に、前記他方のステージの位置を前記干渉計システムの第4測長軸(BI4Y)を使って管理しつつ前記他方のステージに保持された感応基板上のマークと前記他方のステージ上の基準マークとの位置関係を前記アライメント系(24a)を用いて求めるとともに、前記一方のステージに保持された感応基板の露光後に、前記他方のステージの位置を前記第3測長軸(BI3Y)を用いて管理しつつ前記投影光学系(PL)による前記マスクのパターン像の投影位置と前記他方のステージ上の基準マークとの位置関係を求める制御手段(90)と；を有する。

【0049】これによれば、制御手段では、第1基板ステージ及び第2基板ステージの内の一方のステージの位置を干渉計システムの第3測長軸の計測値を用いて管理しつつ該一方のステージ上の感応基板を露光している間に、他方のステージに保持された感応基板上のマークと他方のステージ上の基準マークとの位置関係をアライメント系を用いて求めるとともに、一方のステージに保持された感応基板の露光後に、他方のステージの位置を第3測長軸を用いて管理しつつ投影光学系によるマスクのパターン像の投影位置と他方のステージ上の基準マークとの位置関係を求める。

【0050】すなわち、制御手段では前記一方のステージに保持された感応基板に対し、投影光学系の投影中心で第1軸方向の測長軸(第1測長軸及び第2測長軸)に直交する第3測長軸の計測値を用いて一方のステージの位置をアッペ誤差なく管理しつつ投影光学系を介してのマスクのパターン像の露光が行なわれる間に、他方のステージに保持された感応基板上のマークと他方のステージ上の基準マークとの位置関係をアライメント系の検出結果とアライメント系の検出中心で第1軸方向の測長軸(第1測長軸及び第2測長軸)に直交する第4測長軸の計測値を用いてアッペ誤差なく正確に検出し、このようにして一方の基板ステージ上の露光動作と他方のステージ上のアライメント動作とを並行して行なうことができるので、スループットの向上を図ることが可能である。

【0051】また、制御手段では、一方のステージに保持された感応基板の露光後、すなわち上記の両ステージの動作終了後に、他方のステージの位置を第3測長軸を用いて管理しつつ投影光学系によるマスクのパターン像の投影位置と他方のステージ上の基準マークとの位置関係を求める。このため、ステージ上の基準マークと感応

基板上のアライメントマークとの位置関係が計測された（アライメントが終了した）他方のステージについては、アライメントマークの計測時に使用された第4測長軸が計測不能状態におちいても、何等の不都合なく、第3測長軸の計測値を用いてその位置を管理することができるように、他方のステージ上の基準マークと投影光学系によるマスクのパターン像の投影位置との関係を求め、この位置関係と前記アライメント計測結果と第3測長軸の計測値とを用いて投影光学系の投影領域と感

応基板との位置合わせを行ないつつ露光を行なうことが可能となる。すなわち、アライメント時の他方のステージの位置を管理していた測長軸が計測不能となっても、別の測長軸により露光時の他方のステージの位置管理を行なうことから、上記各測長軸の干渉計ビームを反射させるためのステージ反射面を小型化することができ、これにより基板ステージを小型化することができる。

【0052】この場合において、請求項7に記載の発明の如く、前記一方のステージに保持された感応基板の露光後であって前記投影光学系（PL）による前記マスク（R）のパターン像の投影位置と前記他方のステージ上の基準マークとの位置関係を求めるときに、前記干渉計システムの第3測長軸（BI3Y）の計測値をリセットする

ようにしても良い。

【0053】請求項8に記載の発明は、上記請求項6に記載の投影露光装置において、前記制御手段（90）は、前記他方のステージに保持された感応基板上のマークとその他方のステージ上の基準マークとの位置関係及び、前記投影光学系による前記マスクのパターン像の投影位置と前記他方のステージ上の基準マークとの位置関係を求めたときの前記第3測長軸の計測結果に基づいて前記他方のステージの位置を制御しながら前記他方のステージに保持された感応基板を露光することを特徴とする。

【0054】これによれば、他方のステージに保持された感応基板上のマークとその他方のステージ上の基準マークとの位置関係（これは同一のセンサ、すなわちアライメント系で求められている）及び、投影光学系によるマスクのパターン像の投影位置と他方のステージ上の基準マークとの位置関係を求めたときの第3測長軸の計測結果に基づいて他方のステージの位置を制御しながら他方のステージに保持された感応基板を露光するので、他方のステージに保持された感応基板上のマークとその他方のステージ上の基準マークとの位置関係を求めた後に、その位置関係を求めた際に他方のステージの位置を管理していた第4測長軸が計測不能となっても、何らの不都合が生じることなく、露光の際に感応基板を高精度に露光位置に位置決めすることが可能になる。

【0055】この場合において、請求項9に記載の発明の如く、前記制御手段（90）は、前記他方のステージに保持された感応基板の露光後に、前記他方のステージ

上の基準マークが前記アライメント系の検出領域内に入るように前記他方のステージを位置決めして感応基板の交換を行うようにすることが望ましい。

【0056】このようにする場合には、制御手段により、アライメント系の検出領域内に他方の基板ステージ上の基準マークを位置決めした状態で他方のステージ上の基板交換が行われるので、アライメント開始動作と感応基板の交換とを基板ステージの静止状態で行なうことができる。更に、基板交換位置からアライメント開始位置への基板ステージの移動時間が零となるのに加え、先に説明した時間T1、時間T2及び時間T3の動作を他方の基板ステージ側で行ない、時間T4の動作を一方の基板ステージ側で行なうことが可能になるので、スループットの向上が可能である。

【0057】また、この場合において、請求項10に記載の発明の如く、前記他方のステージ上の基準マークを前記アライメント系で検出するときに前記干渉計システムの第4測長軸の計測値をリセットするようにしても良い。

【0058】請求項11に記載の発明は、マスク（R）に形成されたパターンを投影光学系（PL）を介して感応基板（W）上に投影露光する投影露光装置であって、感応基板（W1）を保持して2次元平面内を移動可能な第1基板ステージ（WS1）と；感応基板（W2）を保持して前記第1基板ステージ（WS1）と同一平面内を前記第1基板ステージ（WS1）とは独立に移動可能な第2基板ステージ（WS2）と；前記第1基板ステージ（WS1）及び前記第2基板ステージ（WS2）との間で感応基板の受け渡しを行う搬送システム（180～200）と；前記投影光学系（PL）とは別に設けられ、前記基板ステージ上の基準マーク及び前記基板ステージに保持された感応基板上のマークを検出するためのアライメント系（例えば24a）と；前記第1基板ステージ（WS1）と前記第2基板ステージ（WS2）の内の一方のステージが前記搬送システム（180～200）との間で感応基板の受け渡しを行う間に、他方のステージが露光動作を行うように前記2つの基板ステージを制御する制御手段（90）とを有し、該制御手段（90）は、前記一方のステージが前記搬送システムとの間で感応基板の受け渡しを行うときに前記一方のステージ上の基準マークが前記アライメント系の検出領域内に入るように前記一方のステージを制御することを特徴とする。

【0059】これによれば、制御手段により、第1基板ステージ及び第2基板ステージの内の一方のステージが搬送システムとの間で感応基板の受け渡しを行う間に、他方のステージが露光動作を行うように両ステージの動作が制御される。従って、先に説明した時間T1の動作と、時間T4の動作とが並行処理できる。また、制御手段により、一方のステージが搬送システムとの間で感応

基板の受け渡しを行うときに一方のステージ上の基準マークがアライメント系の検出領域内に入るように一方のステージが制御されるので、アライメント開始動作である基準マークの位置計測と感応基板の交換とを基板ステージの静止状態で行なうことができる。更に、基板交換位置からアライメント開始位置への基板ステージの移動時間が零となるのに加え、先に説明した時間T1、時間T2及び時間T3の動作を一方の基板ステージ側で行ない、時間T4の動作を他方の基板ステージ側で行なうことが可能になる。従って、時間(T1+T2+T3+T4)を要していた従来のシーケンシャルな処理に比べてスループットを向上させることが可能になる。

【0060】

【発明の実施の形態】

《第1の実施形態》以下、本発明の第1の実施形態を図1ないし図15に基づいて説明する。

【0061】図1には、一実施形態に係る投影露光装置10の概略構成が示されている。この投影露光装置10は、いわゆるステップ・アンド・スキャン方式の走査露光型の投影露光装置である。

【0062】この投影露光装置10は、ベース盤12上を感応基板としてのウエハW1、W2をそれぞれ保持して独立して2次元方向に移動する第1、第2の基板ステージとしてのウエハステージWS1、WS2を備えたステージ装置、このステージ装置の上方に配置された投影光学系PL、投影光学系PLの上方でマスクとしてのレチクルRを主として所定の走査方向、ここではY軸方向(図1における紙面直交方向)に駆動するレチクル駆動機構、レチクルRを上方から照明する照明系及びこれら各部を制御する制御系等を備えている。

【0063】前記ステージ装置は、ベース盤12上に不図示の空気軸受けを介して浮上支持され、X軸方向(図1における紙面左右方向)及びY軸方向(図1における紙面直交方向)に独立して2次元移動可能な2つのウエハステージWS1、WS2と、これらのウエハステージWS1、WS2を駆動するステージ駆動系と、ウエハステージWS1、WS2の位置を計測する干渉計システムとを備えている。

【0064】これをさらに詳述すると、ウエハステージWS1、WS2の底面には不図示のエアパッド(例えば、真空予圧型空気軸受け)が複数ヶ所に設けられており、このエアパッドの空気噴き出し力と真空予圧力とのバランスにより例えば数ミクロンの間隔を保った状態で、ベース盤12上に浮上支持されている。

【0065】ベース盤12上には、図3の平面図に示されるように、X軸方向に延びる2本のX軸リニアガイド(例えば、いわゆるムービングコイル型のリニアモータの固定側マグネットのようなもの)122、124が平行に設けられており、これらのX軸リニアガイド122、124には、当該各X軸リニアガイドに沿って移動

可能な各2つの移動部材114、118及び116、120がそれぞれ取り付けられている。これら4つの移動部材114、118、116、120の底面部には、X軸リニアガイド122又は124を上方及び側方から囲むように不図示の駆動コイルがそれぞれ取り付けられており、これらの駆動コイルとX軸リニアガイド122又は124とによって、各移動部材114、116、118、120をX軸方向に駆動するムービングコイル型のリニアモータが、それぞれ構成されている。但し、以下の説明では、便宜上、上記移動部材114、116、118、120をX軸リニアモータと呼ぶものとする。

【0066】この内2つのX軸リニアモータ114、116は、Y軸方向に延びるY軸リニアガイド(例えば、ムービングマグネット型のリニアモータの固定側コイルのようなもの)110の両端にそれぞれ設けられ、また、残り2つのX軸リニアモータ118、120は、Y軸方向に延びる同様のY軸リニアガイド112の両端に固定されている。従って、Y軸リニアガイド110は、X軸リニアモータ114、116によってX軸リニアガイド122、124に沿って駆動され、またY軸リニアガイド112は、X軸リニアモータ118、120によってX軸リニアガイド122、124に沿って駆動されるようになっている。

【0067】一方、ウエハステージWS1の底部には、一方のY軸リニアガイド110を上方及び側方から囲む不図示のマグネットが設けられており、このマグネットとY軸リニアガイド110とによってウエハステージWS1をY軸方向に駆動するムービングマグネット型のリニアモータが構成されている。また、ウエハステージWS2の底部には、他方のY軸リニアガイド112を上方及び側方から囲む不図示のマグネットが設けられており、このマグネットとY軸リニアガイド112とによってウエハステージWS2をY軸方向に駆動するムービングマグネット型のリニアモータが構成されている。

【0068】すなわち、本実施形態では、上述したX軸リニアガイド122、124、X軸リニアモータ114、116、118、120、Y軸リニアガイド110、112及びウエハステージWS1、WS2底部の不図示のマグネット等によってウエハステージWS1、WS2を独立してXY2次元駆動するステージ駆動系が構成されている。このステージ駆動系は、図1のステージ制御装置38によって制御される。

【0069】なお、Y軸リニアガイド110の両端に設けられた一対のX軸リニアモータ114、116のトルクを若干可変する事で、ウエハステージWS1に微少ヨーイングを発生させたり、除去する事も可能である。同様に、Y軸リニアガイド112の両端に設けられた一対のX軸リニアモータ118、120のトルクを若干可変する事で、ウエハステージWS2に微少ヨーイングを発生させたり、除去する事も可能である。

21

【0070】前記ウエハステージWS1、WS2上には、不図示のウエハホルダを介してウエハW1、W2が真空吸着等により固定されている。ウエハホルダは、不図示のZ・θ駆動機構によって、XY平面に直交するZ軸方向及びθ方向（Z軸回りの回転方向）に微小駆動されるようになっている。また、ウエハステージWS1、WS2の上面には、種々の基準マークが形成された基準マーク板FM1、FM2がウエハW1、W2とそれぞれほぼ同じ高さになるように設置されている。これらの基準マーク板FM1、FM2は、例えば各ウエハステージの基準位置を検出する際に用いられる。

【0071】また、ウエハステージWS1のX軸方向一侧の面（図1における左側面）20とY軸方向一侧の面（図1における紙面奥側の面）21とは、鏡面仕上げがなされた反射面となっており、同様に、ウエハステージWS2のX軸方向他側の面（図1における右側面）22とY軸方向の側の面23とは、鏡面仕上げがなされた反射面となっている。これらの反射面に、後述する干渉計システムを構成する各測長軸の干渉計ビームが投射され、その反射光を各干渉計で受光することにより、各反射面の基準位置（一般には投影光学系側面や、アライメント光学系の側面に固定ミラーを配置し、そこを基準面とする）からの変位を計測し、これにより、ウエハステージWS1、WS2の2次元位置がそれぞれ計測されるようになっている。なお、干渉計システムの測長軸の構成については、後に詳述する。

【0072】前記投影光学系PLとしては、ここでは、Z軸方向の共通の光軸を有する複数枚のレンズエレメントから成り、両側テレセントリックで所定の縮小倍率、例えば1/5を有する屈折光学系が使用されている。このため、ステップ・アンド・スキャン方式の走査露光時におけるウエハステージの走査方向の移動速度は、レチクルステージの移動速度の1/5となる。

【0073】この投影光学系PLのX軸方向の両側には、図1に示されるように、同じ機能を持ったオフアクシス（off-axis）方式のアライメント系24a、24bが、投影光学系PLの光軸中心（レチクルパターン像の投影中心と一致）よりそれぞれ同一距離だけ離れた位置に設置されている。これらのアライメント系24a、24bは、LSA（Laser Step Alignment）系、FIA（Filed Image Alignment）系、LIA（Laser Interferometric Alignment）系の3種類のアライメントセンサを有しており、基準マーク板上の基準マーク及びウエハ上のアライメントマークのX、Y2次元方向の位置計測を行なうことが可能である。

【0074】ここで、LSA系は、レーザ光をマークに照射して、回折・散乱された光を利用してマーク位置を計測する最も汎用性のあるセンサであり、従来から幅広いプロセスウエハに使用される。FIA系は、ハロゲンランプ等のブロードバンド（広帯域）光でマークを照明

22

し、このマーク画像を画像処理することによってマーク位置を計測するセンサであり、アルミ層やウエハ表面の非対称マークに有効に使用される。また、LIA系は、回折格子状のマークに周波数をわずかに変えたレーザ光を2方向から照射し、発生した2つの回折光を干渉させて、その位相からマークの位置情報を検出するセンサであり、低段差や表面荒れウエハに有効に使用される。

【0075】本実施形態では、これら3種類のアライメントセンサを、適宜目的に応じて使い分け、ウエハ上の3点の一次元マークの位置を検出してウエハの概略位置計測を行なういわゆるサーチアライメントや、ウエハ上の各ショット領域の正確な位置計測を行なうファインアライメント等を行なうようになっている。

【0076】この場合、アライメント系24aは、ウエハステージWS1上に保持されたウエハW1上のアライメントマーク及び基準マーク板FM1上に形成された基準マークの位置計測等に用いられる。また、アライメント系24bは、ウエハステージWS2上に保持されたウエハW2上のアライメントマーク及び基準マーク板FM2上に形成された基準マークの位置計測等に用いられる。

【0077】これらのアライメント系24a、24bを構成する各アライメントセンサからの情報は、アライメント制御装置80によりA/D変換され、デジタル化された波形信号を演算処理してマーク位置が検出される。この結果が主制御装置90に送られ、主制御装置90からその結果に応じてステージ制御装置に対し露光時の同期位置補正等が指示されるようになっている。

【0078】さらに、本実施形態の露光装置10では、図1では図示を省略したが、レチクルRの上方に、図5に示されるような、投影光学系PLを介してレチクルR上のレチクルマーク（図示省略）と基準マーク板FM1、FM2上のマークとを同時に観察するための露光波長を用いたTTR（Through The Reticle）アライメント光学系から成る一対のマーク位置検出手段としてのレチクルアライメント顕微鏡142、144が設けられている。これらのレチクルアライメント顕微鏡142、144の検出信号は、主制御装置90に供給されるようになっている。この場合、レチクルRからの検出光をそれぞれレチクルアライメント顕微鏡142及び144に導くための偏向ミラー146及び148が移動自在に配置され、露光シーケンスが開始されると、主制御装置90からの指令のもとで、不図示のミラー駆動装置によりそれぞれ偏向ミラー146及び148が待避される。なお、レチクルアライメント顕微鏡142、144と同等の構成は、例えば特開平7-176468号公報等に開示されているのでここでは詳細な説明については省略する。

【0079】また、図1では図示を省略したが、投影光学系PL、アライメント系24a、24bのそれぞれに

は、図4に示されるように、合焦位置を調べるためのオートフォーカス/オートレベリング計測機構（以下、「AF/AL系」という）130、132、134が設けられている。この内、AF/AL系132は、スキャン露光によりレチクルR上のパターンをウエハ（W1又はW2）上に正確に転写するには、レチクルR上のパターン形成面とウエハWの露光面とが投影光学系PLに関して共役になっている必要があることから、ウエハWの露光面が投影光学系PLの像面に焦点深度の範囲内で合致しているかどうか（合焦しているかどうか）を検出する

ために、設けられているものである。本実施形態では、AF/AL系132として、いわゆる多点AF系が使用されている。

【0080】ここで、このAF/AL系132を構成する多点AF系の詳細構成について、図5及び図6に基づいて説明する。

【0081】このAF/AL系（多点AF系）132は、図5に示されるように、光ファイバ束150、集光レンズ152、パターン形成板154、レンズ156、ミラー158及び照射対物レンズ160から成る照射光学系151と、集光対物レンズ162、回転方向振動板164、結像レンズ166、受光器168から成る集光光学系161とから構成されている。

【0082】ここで、このAF/AL系（多点AF系）132の上記構成各部についてその作用と共に説明する。

【0083】露光光ELとは異なるウエハW1（又はW2）上のフォトレジストを感光させない波長の照明光が、図示しない照明光源から光ファイバ束150を介して導かれ、この光ファイバ束150から射出された照明光が、集光レンズ152を経てパターン形成板154を照明する。このパターン形成板154を透過した照明光は、レンズ156、ミラー158及び照射対物レンズ160を経てウエハWの露光面に投影され、ウエハW1（又はW2）の露光面に対してパターン形成板154上のパターンの像が光軸AXに対して斜めに投影結像される。ウエハW1で反射された照明光は、集光対物レンズ162、回転方向振動板164及び結像レンズ166を経て受光器168の受光面に投影され、受光器168の受光面にパターン形成板154上のパターンの像が再結像される。ここで、主制御装置90は、加振装置172を介して回転方向振動板164に所定の振動を与えると同時に、受光器168の多数（具体的には、パターン形成板154のスリットパターンと同数）の受光素子からの検出信号を信号処理装置170に供給する。また、信号処理装置170は、各検出信号を加振装置172の駆動信号で同期検波して得た多数のフォーカス信号をステージ制御装置38を介して主制御装置90へ供給する。

【0084】この場合、パターン形成板154には、図6に示されるように、例えば $5 \times 9 = 45$ 個の上下方向

のスリット状の開口パターン93-11~93-59が形成されており、これらのスリット状の開口パターンの像がウエハWの露光面上にX軸及びY軸に対して斜め（ 45° ）に投影される。この結果、図4に示されるようなX軸及びY軸に対して 45° に傾斜したマトリクス配置のスリット像が形成される。なお、図4における符号IFは、照明系により照明されるレチクル上の照明領域と共役なウエハ上の照明フィールドを示す。この図4からも明らかなように、投影光学系PL下の照明フィールドIFより2次元的に十分大きいエリアに検出用ビームが照射されている。

【0085】その他のAF/AL系130、134も、このAF/AL系132と同様に構成されている。すなわち、本実施形態では、露光時の焦点検出に用いられるAF/AL系132とはほぼ同一の領域をアライメントマークの計測時に用いられるAF/AL機構130、134によっても検出ビームが照射可能な構成となっている。このため、アライメント系24a、24bによるアライメントセンサの計測時に、露光時と同様のAF/AL系の計測、制御によるオートフォーカス/オートレベリングを実行しつつアライメントマークの位置計測を行うことにより、高精度なアライメント計測が可能になる。換言すれば、露光時とアライメント時との間で、ステージの姿勢によるオフセット（誤差）が発生しなくなる。

【0086】次に、レチクル駆動機構について、図1及び図2に基づいて説明する。

【0087】このレチクル駆動機構は、レチクルベース盤32上をレチクルRを保持してXYの2次元方向に移動可能なレチクルステージRSTと、このレチクルステージRSTを駆動する不図示のリニアモータと、このレチクルステージRSTの位置を管理するレチクル干涉計システムとを備えている。

【0088】これを更に詳述すると、レチクルステージRSTには、図2に示されるように、2枚のレチクルR1、R2がスキャン方向（Y軸方向）に直列に設置できる様になっており、このレチクルステージRSTは、不図示のエアベアリング等を介してレチクルベース盤32上に浮上支持され、不図示のリニアモータ等から成る駆動機構30（図1参照）によりX軸方向の微小駆動、 θ 方向の微小回転及びY軸方向の走査駆動がなされるようになっている。なお、駆動機構30は、前述したステージ装置と同様のリニアモータを駆動源とする機構であるが、図1では図示の便宜上及び説明の便宜上から単なるブロックとして示しているものである。このため、レチクルステージRST上のレチクルR1、R2が例えば二重露光の際に選択的に使用され、いずれのレチクルについてもウエハ側と同期スキャンできる様な構成となっている。

【0089】このレチクルステージRST上には、X軸

25

方向の側の端部に、レチクルステージRSTと同じ素材（例えばセラミック等）から成る平行平板移動鏡34がY軸方向に延設されており、この移動鏡34のX軸方向の側の面には鏡面加工により反射面が形成されている。この移動鏡34の反射面に向けて図1の干渉計システム36を構成する測長軸BI6Xで示される干渉計からの干渉計ビームが照射され、干渉計ではその反射光を受光してウエハステージ側と同様にして基準面に対する相対変位を計測することにより、レチクルステージRSTの位置を計測している。ここで、この測長軸BI6Xを有する干渉計は、実際には独立に計測可能な2本の干渉計光軸を有しており、レチクルステージのX軸方向の位置計測と、ヨイーグ量の計測が可能となっている。この測長軸BI6Xを有する干渉計は、後述するウエハステージ側の測長軸BI1X、BI2Xを有する干渉計16、18からのウエハステージWS1、WS2のヨイーグ情報やX位置情報に基づいてレチクルとウエハの相対回転（回転誤差）をキャンセルする方向にレチクルステージRSTを回転制御したり、X方向同期制御を行なうために用いられる。

【0090】一方、レチクルステージRSTの走査方向（スキャン方向）であるY軸方向の他側（図1における紙面手前側）には、一対のコーナーキューブミラー35、37が設置されている。そして、不図示の一対のダブルバス干渉計から、これらのコーナーキューブミラー35、37に対して図2に測長軸BI7Y、BI8Yで示される干渉計ビームが照射され、レチクルベース盤32上の反射面にコーナーキューブミラー35、37より戻され、そこで反射したそれぞれの反射光が同一光路を戻り、それぞれのダブルバス干渉計で受光され、それぞれのコーナーキューブミラー35、37の基準位置（レファレンス位置で前記レチクルベース盤32上の反射面）からの相対変位が計測される。そして、これらのダブルバス干渉計の計測値が図1のステージ制御装置38に供給され、その平均値に基づいてレチクルステージRSTのY軸方向の位置が計測される。このY軸方向位置の情報は、ウエハ側の測長軸BI3Yを有する干渉計の計測値に基づくレチクルステージRSTとウエハステージWS1又はWS2との相対位置の算出、及びこれに基づく走査露光時の走査方向（Y軸方向）のレチクルとウエハの同期制御に用いられる。

【0091】一方、レチクルステージRSTの走査方向（スキャン方向）であるY軸方向の他側（図1における紙面手前側）には、一対のコーナーキューブミラー35、37が設置されている。そして、不図示の一対のダブルバス干渉計から、これらのコーナーキューブミラー35、37に対して図2に測長軸BI7Y、BI8Yで示される干渉計ビームが照射され、レチクルベース盤32上の反射面にコーナーキューブミラー35、37より戻され、そこで反射したそれぞれの反射光が同一光路を

26

戻りそれぞれのダブルバス干渉計で受光され、それぞれのコーナーキューブミラー35、37の基準位置（レファレンス位置で前記レチクルベース盤32上の反射面）からの相対変位が計測される。そして、これらのダブルバス干渉計の計測値が図1のステージ制御装置38に供給され、その平均値に基づいてレチクルステージRSTのY軸方向の位置が計測される。このY軸方向位置の情報は、ウエハ側の測長軸BI3Yを有する干渉計の計測値に基づくレチクルステージRSTとウエハステージWS1又はWS2との相対位置の算出、及びこれに基づく走査露光時の走査方向（Y軸方向）のレチクルとウエハの同期制御に用いられる。

【0092】すなわち、本実施形態では、干渉計36及び測長軸BI7Y、BI8Yで示される一対のダブルバス干渉計によってレチクル干渉計システムが構成されている。

【0093】次に、ウエハステージWST1、WST2の位置を管理する干渉計システムについて、図1ないし図3を参照しつつ説明する。

【0094】これらの図に示されるように、投影光学系PLの投影中心とアライメント系24a、24bのそれぞれの検出中心とを通る第1軸（X軸）に沿ってウエハステージWS1のX軸方向側の面には、図1の干渉計16からの第1測長軸BI1Xで示される干渉計ビームが照射され、同様に、第1軸に沿ってウエハステージWS2のX軸方向の他側の面には、図1の干渉計18からの第2測長軸BI2Xで示される干渉計ビームが照射されている。そして、干渉計16、18ではこれらの反射光を受光することにより、各反射面の基準位置からの相対変位を計測し、ウエハステージWS1、WS2のX軸方向位置を計測するようになっている。ここで、干渉計16、18は、図2に示されるように、各3本の光軸を有する3軸干渉計であり、ウエハステージWS1、WS2のX軸方向の計測以外に、チルト計測及び θ 計測が可能となっている。各光軸の出力値は独立に計測できる様になっている。ここで、ウエハステージWS1、WS2の θ 回転を行なう不図示の θ ステージ及びZ軸方向の微小駆動及び傾斜駆動を行なう不図示のZ・レベリングステージは、実際には、反射面の下にあるので、ウエハステージのチルト制御時の駆動量は全て、これらの干渉計16、18によりモニターする事ができる。

【0095】なお、第1測長軸BI1X、第2測長軸BI2Xの各干渉計ビームは、ウエハステージWS1、WS2の移動範囲の全域で常にウエハステージWS1、WS2に当たるようになっており、従って、X軸方向については、投影光学系PLを用いた露光時、アライメント系24a、24bの使用時等いずれのときにもウエハステージWS1、WS2の位置は、第1測長軸BI1X、第2測長軸BI2Xの計測値に基づいて管理される。

【0096】また、図2及び図3に示されるように、投

影光学系PLの投影中心で第1軸(X軸)と垂直に交差する第3測長軸BI3Yを有する干渉計と、アライメント系24a、24bのそれぞれの検出中心で第1軸(X軸)とそれぞれ垂直に交差する第4測長軸としての測長軸BI4Y、BI5Yをそれぞれ有する干渉計とが設けられている(但し、図中では測長軸のみが図示されている)。

【0097】本実施形態の場合、投影光学系PLを用いた露光時のウエハステージWS1、WS2のY方向位置計測には、投影光学系の投影中心、すなわち光軸AXを通過する測長軸BI3Yの干渉計の計測値が用いられ、アライメント系24aの使用時のウエハステージWS1のY方向位置計測には、アライメント系24aの検出中心、すなわち光軸SXを通過する測長軸BI4Yの計測値が用いられ、アライメント系24b使用時のウエハステージWS2のY方向位置計測には、アライメント系24bの検出中心、すなわち光軸SXを通過する測長軸BI5Yの計測値が用いられる。

【0098】従って、各使用条件により、Y軸方向の干渉計測長軸がウエハステージWS1、WS2の反射面より外れる事となるが、少なくとも一つの測長軸、すなわち測長軸BI1X、BI2XはそれぞれのウエハステージWS1、WS2の反射面から外れることがないので、使用する干渉計光軸が反射面上に入った適宜な位置でY側の干渉計のリセットを行なうことができる。この干渉計のリセット方法については、後に詳述する。

【0099】なお、上記Y計測用の測長軸BI3Y、BI4Y、BI5Yの各干渉計は、各2本の光軸を有する2軸干渉計であり、ウエハステージWS1、WS2のY軸方向の計測以外に、チルト計測が可能となっている。各光軸の出力値は独立に計測できるようにになっている。

【0100】本実施形態では、干渉計16、18及び測長軸BI3Y、BI4Y、BI5Yを有する3つの干渉計の合計5つの干渉計によって、ウエハステージWS1、WS2の2次元座標位置を管理する干渉計システムが構成されている。

【0101】また、本実施形態では、後述するように、ウエハステージWS1、WS2の内の一方が露光シーケンスを実行している間、他方はウエハ交換、ウエハアライメントシーケンスを実行するが、この際に両ステージの干渉がないように、各干渉計の出力値に基づいて主制御装置90の指令に応じてステージ制御装置38により、ウエハステージWS1、WS2の移動が管理されている。

【0102】次に、照明系について、図1に基づいて説明する。この照明系は、図1に示されるように、露光光源40、シャッタ42、ミラー44、ビームエキスパンダ46、48、第1フライアイレンズ50、レンズ52、振動ミラー54、レンズ56、第2フライアイレンズ58、レンズ60、固定ブラインド62、可動ブラ

インド64、リレーレンズ66、68等から構成されている。

【0103】ここで、この照明系の上記構成各部についてその作用とともに説明する。

【0104】光源であるKrFエキシマレーザと減光システム(減光板、開口絞り等)よりなる光源部40から射出されたレーザ光は、シャッタ42を透過した後、ミラー44により偏向されて、ビームエキスパンダ46、48により適当なビーム径に整形され、第1フライアイレンズ50に入射される。この第1フライアイレンズ50に入射された光束は、2次的に配列されたフライアイレンズのエレメントにより複数の光束に分割され、レンズ52、振動ミラー54、レンズ56により再び各光束が異なった角度より第2フライアイレンズ58に入射される。この第2フライアイレンズ58より射出された光束は、レンズ60により、レチクルRと共役な位置に設置された固定ブラインド62に達し、ここで所定形状にその断面形状が規定された後、レチクルRの共役面から僅かにデフォーカスされた位置に配置された可動ブラインド64を通過し、リレーレンズ66、68を経て均一な照明光として、レチクルR上の上記固定ブラインド62によって規定された所定形状、ここでは矩形スリット状の照明領域IA(図2参照)を照明する。

【0105】次に、制御系について図1に基づいて説明する。この制御系は、装置全体を統括的に制御する制御手段としての主制御装置90を中心に、この主制御装置90の配下にある露光量制御装置70及びステージ制御装置38等から構成されている。

【0106】ここで、制御系の上記構成各部の動作を中心に本実施形態に係る投影露光装置10の露光時の動作について説明する。

【0107】露光量制御装置70は、レチクルRとウエハ(W1又はW2)との同期走査が開始されるのに先立って、シャッタ駆動装置72に指示してシャッタ駆動部74を駆動させてシャッタ42をオープンする。

【0108】この後、ステージ制御装置38により、主制御装置90の指示に応じてレチクルRとウエハ(W1又はW2)、すなわちレチクルステージRSTとウエハステージ(WS1又はWS2)の同期走査(スキャン制御)が開始される。この同期走査は、前述した干渉計システムの測長軸BI3Yと測長軸BI1X又はBI2X及びレチクル干渉計システムの測長軸BI7Y、BI8Yと測長軸BI6Xの計測値をモニタしつつ、ステージ制御装置38によってレチクル駆動部30及びウエハステージの駆動系を構成する各リニアモータを制御することにより行なわれる。

【0109】そして、両ステージが所定の許容誤差以内に等速度制御された時点で、露光量制御装置70では、レーザ制御装置76に指示してパルス発光を開始させる。これにより、照明系からの照明光により、その下面

にパターンがクロム蒸着されたレチクルRの前記矩形の照明領域IAが照明され、その照明領域内のパターンの像が投影光学系PLにより1/5倍に縮小され、その表面にフォトリソが塗布されたウエハ(W1又はW2)上に投影露光される。ここで、図2からも明らかなように、レチクル上のパターン領域に比べ照明領域IAの走査方向のスリット幅は狭く、上記のようにレチクルRとウエハ(W1又はW2)とを同期走査することで、パターンの全面の像がウエハ上のショット領域に順次形成される。

【0110】ここで、前述したパルス発光の開始と同時に、露光量制御装置70は、ミラー駆動装置78に指示して振動ミラー54を駆動させ、レチクルR上のパターン領域が完全に照明領域IA(図2参照)を通過するまで、すなわちパターンの全面の像がウエハ上のショット領域に形成されるまで、連続してこの制御を行なうことで2つのフライアイレンズ50、58で発生する干涉縞のムラ低減を行なう。

【0111】また、上記の走査露光中にショットエッジ部でのレチクル上の遮光領域よりも外に照明光が漏れないように、レチクルRとウエハWのスキャンと同期して可動ブラインド64がブラインド制御装置39によって駆動制御されており、これらの一連の同期動作がステージ制御装置38により管理されている。

【0112】ところで、上述したレーザ制御装置76によるパルス発光は、ウエハW1、W2上の任意の点が照明フィールド幅(w)を通過する間にn回(nは正の整数)発光する必要があるため、発振周波数をfとし、ウエハスキャン速度をVとすると、次式(2)を満たす必要がある。

$$f/n = V/w \quad (2)$$

また、ウエハ上に照射される1パルスの照射エネルギーをPとし、レジスト感度をEとすると、次式(3)を満たす必要がある。

$$nP = E \quad (3)$$

このように、露光量制御装置70は、照射エネルギーPや発振周波数fの可変量について全て演算を行ない、レーザ制御装置76に対して指令を出して露光光源40内に設けられた減光システムを制御することによって照射エネルギーPや発振周波数fを可変させたり、シャッタ駆動装置72やミラー駆動装置78を制御するように構成されている。

【0115】さらに、主制御装置90では、例えば、スキャン露光時に同期走査を行なうレチクルステージとウエハステージの移動開始位置(同期位置)を補正する場合、各ステージを移動制御するステージ制御装置38に対して補正量に応じたステージ位置の補正を指示する。

【0116】更に、本実施形態の投影露光装置では、ウエハステージWS1との間でウエハの交換を行なう第1の搬送システムと、ウエハステージWS2との間でウエ

ハ交換を行なう第2の搬送システムとが設けられている。

【0117】第1の搬送システムは、図7に示されるように、左側のウエハローディング位置にあるウエハステージWS1との間で後述するようにしてウエハ交換を行なう。この第1の搬送システムは、Y軸方向に延びる第1のローディングガイド182、このローディングガイド182に沿って移動する第1のスライダ186及び第2のスライダ190、第1のスライダ186に取り付けられた第1のアンロードアーム184、第2のスライダ190に取り付けられた第1のロードアーム188等を含んで構成される第1のウエハローダと、ウエハステージWS1上に設けられた3本の上下動部材から成る第1のセンターアップ180とから構成される。

【0118】ここで、この第1の搬送システムによるウエハ交換の動作について、簡単に説明する。

【0119】ここでは、図7に示されるように、左側のウエハローディング位置にあるウエハステージWS1上にあるウエハW1'と第1のウエハローダにより搬送されてきたウエハW1とが交換される場合について説明する。

【0120】まず、主制御装置90では、ウエハステージWS1上の不図示のウエハホルダのパキュームを不図示のスイッチを介してオフし、ウエハW1'の吸着を解除する。

【0121】次に、主制御装置90では、不図示のセンターアップ駆動系を介してセンターアップ180を所定量上昇駆動する。これにより、ウエハW1'が所定位置まで持ち上げられる。この状態で、主制御装置90では、不図示のウエハローダ制御装置に第1のアンロードアーム184の移動を支持する。これにより、ウエハローダ制御装置により第1のスライダ186が駆動制御され、第1のアンロードアーム184がローディングガイド182に沿ってウエハステージWS1上まで移動してウエハW1'の真下に位置する。

【0122】この状態で、主制御装置90では、センターアップ180を所定位置まで下降駆動させる。このセンターアップ180の下降の途中で、ウエハW1'が第1のアンロードアーム184に受け渡されるので、主制御装置90ではウエハローダ制御装置に第1のアンロードアーム184のパキューム開始を指示する。これにより、第1のアンロードアーム184にウエハW1'が吸着保持される。

【0123】次に、主制御装置90では、ウエハローダ制御装置に第1のアンロードアーム184の退避と第1のロードアーム188の移動開始を指示する。これにより、第1のスライダ186と一体的に第1のアンロードアーム184が図7の-Y方向に移動を開始すると同時に第2のスライダ190がウエハW1を保持した第1のロードアーム188と一体的に+Y方向に移動を開始す

31

る。そして、第1のロードアーム188がウエハステージWS1の上方に来たとき、ウエハロード制御装置により第2のスライダ190が停止されるとともに第1のロードアーム188のバキュームが解除される。

【0124】この状態で、主制御装置90ではセンターアップ180を上昇駆動し、センターアップ180によりウエハW1を下方から持ち上げさせる。次いで、主制御装置90ではウエハロード制御装置にロードアームの退避を指示する。これにより、第2のスライダ190が第1のロードアーム188と一体的に-Y方向に移動を開始して第1のロードアーム188の退避が行なわれる。この第1のロードアーム188の退避開始と同時に主制御装置90では、センターアップ180の下降駆動を開始してウエハW1をウエハステージWS1上の不図示のウエハホルダに載置させ、当該ウエハホルダのバキュームをオンにする。これにより、ウエハ交換の一連のシーケンスが終了する。

【0125】第2の搬送システムは、同様に、図8に示されるように、右側のウエハローディング位置にあるウエハステージWS2との間で上述と同様にしてウエハ交換を行なう。この第2の搬送システムは、Y軸方向に延びる第2のローディングガイド192、この第2のローディングガイド192に沿って移動する第3のスライダ196及び第4のスライダ200、第3のスライダ196に取り付けられた第2のアンロードアーム194、第4のスライダ200に取り付けられた第2のロードアーム198等を含んで構成される第2のウエハロードと、ウエハステージWS2上に設けられた不図示の第2のセンターアップとから構成される。

【0126】次に、図7及び図8に基づいて、本実施形態の特徴である2つのウエハステージによる並行処理について説明する。

【0127】図7には、ウエハステージWS2上のウエハW2を投影光学系PLを介して露光動作を行なっている間に、左側ローディング位置にて上述の様にウエハステージWS1と第1の搬送システムとの間でウエハの交換が行なわれている状態の平面図が示されている。この場合、ウエハステージWS1上では、ウエハ交換に引き続いて後述するようにアライメント動作が行なわれる。なお、図7において、露光動作中のウエハステージWS2の位置制御は、干渉計システムの測長軸BI2X、BI3Yの計測値に基づいて行なわれ、ウエハ交換とアライメント動作が行なわれるウエハステージWS1の位置制御は、干渉計システムの測長軸BI1X、BI4Yの計測値に基づいて行なわれる。

【0128】この図7に示される左側のローディング位置ではアライメント系24aの真下にウエハステージWS1の基準マーク板FM1上の基準マークが来るような配置となっている(図9(A)参照)。このため、主制御装置90では、アライメント系24aにより基準マ

32

ーク板FM1上の基準マークMK2を検出する以前に、干渉計システムの測長軸BI4Yの干渉計のリセットを実行している。

【0129】図9(B)には、基準マークMK2の形状の一例及びそれをアライメント系24aのFIA系センサで検出する画像取り込みの様子が示されている。この図9(B)において、符号SxはCCDの画像取り込み範囲を示し、符号Mで示される十字状マークは、FIA系センサ内の指標である。ここでは、X軸方向の画像取り込み範囲のみが示されているが、実際にはY軸方向についても同様の画像取り込みが行われることは勿論である。

【0130】図9(C)には、図9(B)のマークMK2の画像をFIA系のセンサで取り込んだ際にアライメント制御装置80内の画像処理系にて得られた波形信号が示されている。アライメント制御装置80ではこの波形信号を解析することで指標中心を基準とするマークMK2の位置を検出し、主制御装置90では、前記マークMK2の位置と測長軸BI1X、BI4Yの干渉計の計測結果とに基づいて測長軸BI1XとBI4Yを用いた座標系(以下、適宜「第1のステージ座標系」という)における基準マーク板FM1上のマークMK2の座標位置を算出する。

【0131】上述したウエハ交換、干渉計のリセットに引き続いて、サーチアライメントが行なわれる。そのウエハ交換後に行なわれるサーチアライメントとは、ウエハW1の搬送中になされるアリアライメントだけでは位置誤差が大きいため、ウエハステージWS1上で再度行なわれるアリアライメントのことである。具体的には、ステージWS1上に載置されたウエハW1上に形成された3つのサーチアライメントマーク(図示せず)の位置をアライメント系24aのLSA系のセンサ等を用いて計測し、その計測結果に基づいてウエハW1のX、Y、θ方向の位置合わせを行なう。このサーチアライメントの際の各部の動作は、主制御装置90により制御される。

【0132】このサーチアライメントの終了後、ウエハW1上の各ショット領域の配列をここではEGAを使って求めるファインアライメントが行なわれる。具体的には、干渉計システム(測長軸BI1X、BI4Y)により、ウエハステージWS1の位置を管理しつつ、設計上のショット配列データ(アライメントマーク位置データ)をもとに、ウエハステージWS1を順次移動させつつ、ウエハW1上の所定のサンプルショットのアライメントマーク位置をアライメント系24aのFIA系のセンサ等で計測し、この計測結果とショット配列の設計座標データに基づいて最小自乗法による統計演算により、全てのショット配列データを演算する。これにより、上記の第1ステージ座標系上で各ショットの座標位置が算出される。なお、このEGAの際の各部の動作は主制御

装置90により制御され、上記の演算は主制御装置90により行なわれる。

【0133】そして、主制御装置90では、各ショットの座標位置から前述した基準マークMK2の座標位置を減算することで、マークMK2に対する各ショットの相対位置関係を算出する。

【0134】本実施形態の場合、前述したように、アライメント系24aによる計測時に、露光時と同じAF/AL系132(図4参照)の計測、制御によるオートフォーカス/オートレベリングを実行しつつアライメントマークの位置計測が行なわれ、アライメント時と露光時との間にステージの姿勢によるオフセット(誤差)を生じさせないようにすることができる。

【0135】ウエハステージWS1側で、上記のウエハ交換、アライメント動作が行なわれている間に、ウエハステージWS2側では、図12に示されるような2枚のレチクルR1、R2を使い、露光条件を変えながら連続してステップ・アンド・スキャン方式により二重露光が行なわれる。

【0136】具体的には、前述したウエハW1側と同様にして事前にマークMK2に対する各ショットの相対位置関係の算出が行われており、この結果と、レチクルアライメント顕微鏡144、142による基準マーク板FM1上マークMK1、MK3とそれに対応するレチクル上マークRMK1、RMK3のウエハ面上投影像の相対位置検出(これについては後に詳述する)の結果とに基づいて、ウエハW2上のショット領域を投影光学系PLの光軸下方に順次位置決めしつつ、各ショット領域の露光の都度、レチクルステージRSTとウエハステージWS2とを走査方向に同期走査させることにより、スキャン露光が行なわれる。

【0137】このようなウエハW2上の全ショット領域に対する露光がレチクル交換後も連続して行なわれる。具体的な二重露光の露光順序としては、図13

(A)に示されるように、ウエハW1の各ショット領域をレチクルR2(Aパターン)を使ってA1~A12まで順次スキャン露光を行なった後、駆動系30を用いてレチクルステージRSTを走査方向に所定量移動してレチクルR1(Bパターン)を露光位置に設定した後、図13(B)に示されるB1~B12の順序でスキャン露光を行なう。この時、レチクルR2とレチクルR1では露光条件(AF/AL、露光量)や透過率が異なるので、レチクルアライメント時にそれぞれの条件を計測し、その結果に応じて条件の変更を行なう必要がある。

【0138】このウエハW2の二重露光中の各部の動作も主制御装置90によって制御される。

【0139】上述した図7に示す2つのウエハステージWS1、WS2上で並行して行なわれる露光シーケンスとウエハ交換・アライメントシーケンスとは、先に終了したウエハステージの方が待ち状態となり、両方の動作

が終了した時点で図8に示す位置までウエハステージWS1、WS2が移動制御される。そして、露光シーケンスが終了したウエハステージWS2上のウエハW2は、右側ローディングポジションでウエハ交換がなされ、アライメントシーケンスが終了したウエハステージWS1上のウエハW1は、投影光学系PLの下で露光シーケンスが行なわれる。

【0140】図8に示される右側ローディングポジションでは、左側ローディングポジションと同様にアライメント系24bの下に基準マーク板FM2上の基準マークMK2が位置づけられるようになっており、前述のウエハ交換動作とアライメントシーケンスとが実行される事となる。勿論、干渉計システムの測長軸BI5Yを有する干渉計のリセット動作は、アライメント系24bによる基準マーク板FM2上のマークMK2の検出に先立って実行されている。

【0141】次に、図7の状態から図8の状態へ移行する際の、主制御装置90による干渉計のリセット動作について説明する。

【0142】ウエハステージWS1は、左側ローディングポジションでアライメントを行なった後に、図8に示される投影光学系PLの光軸AX中心(投影中心)の真下に基準マーク板FM1上の基準マークが来る位置(図10(A)参照)まで移動されるが、この移動の途中で測長軸BI4Yの干渉計ビームが、ウエハステージWS1の反射面21に入射されなくなるので、アライメント終了後直ちに図8の位置までウエハステージWS1を移動させることは困難である。このため、本実施形態では、次のような工夫をしている。

【0143】すなわち、先に説明したように、本実施形態では左側ローディングポジションにウエハステージWS1がある場合に、アライメント系24aの真下に基準マーク板FM1が来るように設定されており、この位置で測長軸BI4Yの干渉計がリセットされているので、この位置までウエハステージWS1を一旦戻し、その位置から予めわかっているアライメント系24aの検出中心と投影光学系PLの光軸中心(投影中心)との距離(便宜上BLとする)にもとづいて、干渉計ビームの切れることのない測長軸BI1Xの干渉計16の計測値をモニタしつつ、ウエハステージWS1を距離BLだけX軸方向右側に移動させる。これにより、図8に示される位置までウエハステージWS1が移動されることになる。

【0144】そして、主制御装置90では、図10(A)に示されるように、レチクルアライメント顕微鏡144、142により露光光を用いて基準マーク板FM1上マークMK1、MK3とそれに対応するレチクル上マークRMK1、RMK3のウエハ面上投影像の相対位置検出を行なう。

【0145】図10(B)にはレチクルR上のマークR

MK (RMK1、RMK2)のウエハ面上投影像が示され、図(C)には基準マーク板上のマークMK (MK1、MK3)が示されている。また、図10(D)には図10(A)の状態、レチクルアライメント顕微鏡144、142にレチクルR上のマークRMK (RMK1、RMK2)のウエハ面上投影像と基準マーク板上のマークMK (MK1、MK3)を同時に検出する画像取り込みの様子が示されている。この図10(D)において、符号SRxはレチクルアライメント顕微鏡を構成するCCDの画像取り込み範囲を示す。図10(E)には、上記で取り込まれた画像が不図示の画像処理系で処理され得られた波形信号が示されている。

【0146】主制御装置90ではこの波形信号波形の取り込みをするのに先立って、測長軸BI3Yの干渉計をリセットする。リセット動作は、次に使用する測長軸がウエハステージ側面を照射できるようになった時点で実行することができる。

【0147】これにより、測長軸BI1X、BI3Yを用いた座標系(第2のステージ座標系)における基準マーク板FM1上のマークMK1、MK3の座標位置と、レチクルR上マークRMKのウエハ面上投影像座標位置が検出されることとなり、両者の差により露光位置(投影光学系PLの投影中心)と基準マーク板FM1上マークMK1、MK3座標位置の相対位置関係が求められる。

【0148】そして、主制御装置90では、先に求めた基準板FM1上マークMK2に対する各ショットの相対位置関係と、露光位置と基準板FM1上マークMK1、MK3座標位置の相対関係より、最終的に露光位置と各ショットの相対位置関係を算出する。その結果に応じて、図11に示されるように、ウエハW1上の各ショットの露光が行なわれることとなる。

【0149】上述のように、干渉計のリセット動作を行なっても高精度アライメントが可能な理由は、アライメント系24aにより基準マーク板FM1上の基準マークを計測した後、ウエハW1上の各ショット領域のアライメントマークを計測することにより、基準マークと、ウエハマークの計測により算出された仮想位置との間隔を同一のセンサにより算出しているためである。この時点で基準マークと露光すべき位置の相対位置関係(相対距離)が求められていることから、露光前にレチクルアライメント顕微鏡142、144により露光位置と基準マーク位置との対応がとれていれば、その値に前記相対距離を加えることにより、Y軸方向の干渉計の干渉計ビームがウエハステージの移動中に切れて再度リセットを行なったとしても高精度な露光動作を行なうことができるからである。

【0150】なお、基準マークMK1~MK3は常に同じ基準板上にあるので、描画誤差を予め求めておけばオフセット管理のみで変動要因は無い。また、RMK1、

RMK2もレチクル描画誤差によるオフセットを持つ可能性があるが、例えば特開平5-67271号公報に開示されるように、レチクルアライメント時に複数マークを用いて描画誤差の軽減を行なうか、レチクルマーク描画誤差を予め計測しておけば、同様にオフセット管理のみで対応できる。

【0151】また、アライメント終了位置から図8の位置にウエハステージWS1が移動する間に、測長軸BI4Yが切れないような場合には、測長軸BI1X、BI4Yの計測値をモニタしつつ、アライメント終了後に直ちに、図8の位置までウエハステージWS1を直線的に移動させてもよいことは勿論である。この場合、ウエハステージWS1のY軸と直交する反射面21に投影光学系PLの光軸AXを通る測長軸BI3Yがかかった時点以後、レチクルアライメント顕微鏡144、142による基準マーク板FM1上マークMK1、MK3とそれに対応するレチクル上マークRMK1、RMK3のウエハ面上投影像の相対位置検出より以前のいずれの時点で干渉計のリセット動作を行なうようにしても良い。

【0152】上記と同様にして、露光終了位置からウエハステージWS2を図8に示される右側のローディングポジションまで移動させ、測長軸BI5Yの干渉計のリセット動作を行なえば良い。

【0153】また、図14には、ウエハステージWS1上に保持されるウエハW1上の各ショット領域を順次露光する露光シーケンスのタイミングの一例が示されており、図15には、これと並列的に行なわれるウエハステージWS2上に保持されるウエハW2上のアライメントシーケンスのタイミングが示されている。本実施形態では、2つのウエハステージWS1、WS2を独立して2次元方向に移動させながら、各ウエハステージ上のウエハW1、W2に対して露光シーケンスとウエハ交換・アライメントシーケンスとを並行して行なうことにより、スループットの向上を図っている。

【0154】ところが、2つのウエハステージを使って2つの動作を同時並行処理する場合は、一方のウエハステージ上で行なわれる動作が外乱要因として、他方のウエハステージで行なわれる動作に影響を与える場合がある。また、逆に、一方のウエハステージ上で行なわれる動作が他方のウエハステージで行なわれる動作に影響を与えない動作もある。そこで、本実施形態では、並行処理する動作の内、外乱要因となる動作とならない動作とに分けて、外乱要因となる動作同士、あるいは外乱要因とならない動作同士が同時に行なわれるように、各動作のタイミング調整が図られる。

【0155】例えば、スキャン露光中は、ウエハW1とレチクルRとを等速で同期走査させることから外乱要因とならない上、他からの外乱要因を極力排除する必要がある。このため、一方のウエハステージWS1上でのスキャン露光中は、他方のウエハステージWS2上のウエ

37

ハW2で行なわれるアライメントシーケンスにおいて静止状態となるようにタイミング調整がなされる。すなわち、アライメントシーケンスにおけるマーク計測は、ウエハステージWS2をマーク位置で静止させた状態で行なわれるため、スキャン露光にとって外乱要因とならず、スキャン露光中に並行してマーク計測を行なうことができる。これを図14及び図15で見ると、図15においてウエハW1に対し動作番号「1、3、5、7、9、11、13、15、17、19、21、23」で示されるスキャン露光と、図16においてウエハW2に対し動作番号「1、3、5、7、9、11、13、15、17、19、21、23」で示される各アライメントマーク位置におけるマーク計測動作が相互に同期して行なわれていることがわかる。一方、アライメントシーケンスにおいても、スキャン露光中は、等速運動なので外乱とはならず高精度計測が行なえることになる。

【0156】また、ウエハ交換時においても同様のことが考えられる。特に、ロードアームからウエハをセンターアップに受け渡す際に生じる振動等は、外乱要因となり得るため、スキャン露光前、あるいは、同期走査が等速度で行なわれるようになる前後の加減速時（外乱要因となる）に合わせてウエハの受け渡しをするようにしても良い。

【0157】上述したタイミング調整は、主制御装置90によって行なわれる。

【0158】以上説明したように、本実施形態の投影露光装置10によると、2枚のウエハをそれぞれ独立に保持する2つのウエハステージWS1、WS2を具備し、これら2つのウエハステージをXYZ方向に独立に移動させて、一方のウエハステージでウエハ交換とアライメント動作を実行する間に、他方のウエハステージで露光動作を実行する事とし、両方の動作が終了した時点でお互いの動作を切り換えるようにしたことから、スループットを大幅に向上させることが可能になる。

【0159】また、上記の動作を切り換える際に、切り換え後の動作で使用される測長軸の干渉計をリセットすると同時にウエハステージ上に配置された基準マーク板の計測シーケンスも行なうようにしたことから、干渉計システムの測長軸がウエハステージの反射面（移動鏡を別に設ける場合は、該移動鏡）から外れても特に不都合がなく、ウエハステージの反射面（移動鏡を別に設ける場合は移動鏡）を短くする事が可能となるので、ウエハステージの小型化を容易に実現でき、具体的にはウエハステージの一辺の長さをウエハ直径より僅かに大きい程度の大きさにまで小型化することができ、これにより独立に可動できる2つのウエハステージを装置に容易に組み込む事が可能となるのに加え、各ウエハステージの位置決め性能を向上させることが可能になる。

【0160】さらに、露光動作の行われる方のウエハステージについては、測長用干渉計リセットと同時に投影

38

光学系PLを介したレチクルアライメント顕微鏡142、144（露光光アライメントセンサ）により基準マーク板上のマーク計測を行い、ウエハ交換・アライメント動作の行われる方のウエハステージについては測長用干渉計リセットと同時にアライメント系24a又は24b（オフアクシスアライメントセンサ）により基準マーク板上のマーク計測を行う事としたことから、各アライメント系によるアライメント、投影光学系による露光の際もウエハステージの位置を管理する干渉計測長軸を切り換える事が可能となる。この場合において、①基準マーク板上マークの計測をアライメント系24a又は24bにて行なう際に、該マークの座標位置を第1のステージ座標系上で計測し、②その後ウエハ上のサンプルショットのアライメントマークを検出してEGA演算により各ショットの配列座標（露光用座標位置）を第1のステージ座標系上で求め、③上記①と②の結果から基準マーク板上マークと各ショットの露光用座標位置との相対位置関係を求め、④露光前にレチクルアライメント顕微鏡142、144により投影光学系PLを介して基準マーク板上のマークとレチクル投影座標位置との相対位置関係を第2のステージ座標系上で検出し、⑤上記③と④とを用いて各ショットの露光を行なうこととしたので、ウエハステージの位置を管理する干渉計測長軸を切り換えても高精度で露光を行なうことができる。この結果、従来の様な投影光学系の投影中心とアライメント系の検出中心との間隔を計測するベースライン計測を行なうことなく、ウエハの位置合わせが可能となり、特開平7-176468号公報に記載されるような大きな基準マーク板の搭載も不要となる。

【0161】また、上記実施形態によると、投影光学系PLを挟んでマーク検出を行なう少なくとも2つのアライメント系を具備しているため、2つのウエハステージを交互にずらすことにより、各アライメント系を交互に使って行なわれるアライメント動作と露光動作とを並行処理することが可能になる。

【0162】その上、上記実施形態によると、ウエハ交換を行なうウエハロードがアライメント系の近辺、特に、各アライメント位置で行なえるように配置されているため、ウエハ交換からアライメントシーケンスへの移行が円滑に行なわれ、より高いスループットを得ることができる。

【0163】さらに、上記実施形態によると、上述したような高スループットが得られるため、オフアクシスのアライメント系を投影光学系PLより大きく離して設置したとしてもスループットの劣化の影響が殆どなくなる。このため、直筒型の高N.A.（開口数）であって且つ収差の小さい光学系を設計して設置することが可能となる。

【0164】また、上記実施形態によると、2つのアライメント系及び投影光学系PLの各光軸のほぼ中心を計

測する干渉計からの干渉計ビームを各光学系毎に有しているため、アライメント時や投影光学系を介してのパターン露光時のいずれの場合にも2つのウェハステージ位置をアップ誤差のない状態でそれぞれ正確に計測することができ、2つのウェハステージを独立して正確に移動させることが可能になる。

【0165】さらに、2つのウェハステージWS1、WS2が並ぶ方向（ここではX軸方向）に沿って両側から投影光学系PLの投影中心に向けて設けられた測長軸BI1X、BI2Xは、常にウェハステージWS1、WS2に対して照射され、各ウェハステージのX軸方向位置を計測するため、2つのウェハステージが互いに干渉しないように移動制御することが可能になる。

【0166】また、上記実施形態によると、複数枚のレチクルRを使って二重露光を行なうことから、高解像度とDOF（焦点深度）の向上効果が得られる。この二重露光法は、露光工程を少なくとも2度繰り返さなければならないため、露光時間が長くなって大幅にスループットが低下するという不都合があったが、本実施形態の投影露光装置を用いることにより、スループットが大幅に改善できるため、スループットを低下させることなく高解像度とDOFの向上効果とを得ることができる。

【0167】例えば、T1（ウェハ交換時間）、T2（サーチアライメント時間）、T3（ファインアライメント時間）、T4（1回の露光時間）において、8インチウェハにおける各処理時間をT1：9秒、T2：9秒、T3：12秒、T4：28秒とした場合、1つのウェハステージを使って一連の処理がシーケンシャルに行われる従来の露光装置により二重露光が行なわれると、スループット $THOR = 3600 / (T1 + T2 + T3 + T4 * 2) = 3600 / (30 + 28 * 2) = 41$ [枚/時]となり、1つのウェハステージを使って一重露光法を実施する従来装置のスループット（ $THOR = 3600 / (T1 + T2 + T3 + T4) = 3600 / 58 = 62$ [枚/時]）と比べてスループットが66%までダウンする。これに対し、本実施形態の投影露光装置を用いてT1、T2及びT3とT4とを並列処理しながら二重露光を行なう場合は、露光時間の方が大きいいため、スループット $THOR = 3600 / (28 + 28) = 64$ [枚/時]となり、高解像度とDOFの向上効果を維持しつつスループットを大幅に改善することが可能となる。また、露光時間が長い分、EGA点数を増やすことが可能となり、アライメント精度が向上する。

【0168】《第2の実施形態》次に、本発明の第2の実施形態を図16及び図17に基づいて説明する。ここで、前述した第1の実施形態と同一若しくは同等の構成部分については、同一の符号を用いるとともにその説明を簡略にし若しくは省略するものとする。

【0169】この第2の実施形態に投影露光装置は、図16に示されるように、ウェハステージWS1の一辺の

長さ（WS2の一辺の長さもこれと同じ）が、測長軸BI4YとBI3Yとの相互間距離BL（測長軸BI5YとBI3Yとの相互間距離もこれと同じ）より長くなっているため、アライメントシーケンスの終了位置から露光シーケンスの開始位置までウェハステージWS1（又はWS2）が移動する間に、測長ビームBI4Y（又はBI5Y）がステージの反射面から切れないようになっている点に特徴を有する。このため、後述するように、干渉計のリセット後に、基準マーク板の基準マークの計測が可能となる点が、前述した第1の実施形態の場合と異なるが、その他の部分の構成等は前述した第1の実施形態の投影露光装置10と同様になっている。

【0170】図16には、ウェハステージWS1上ウェハW1のアライメントが終了した後に測長軸BI3Yの干渉計のリセットを行なっている様子が示されている。

【0171】この図16からも明らかなように、ウェハステージWS1の位置を管理している測長軸BI1X、BI4Yの干渉計はアライメント系24aによるウェハW1のファインアライメント（前述したEGAにより行なわれる）動作以降、干渉計ビームがウェハステージWS1のY軸方向一端面に形成された反射面から外れることがないので、主制御装置90では測長軸BI1X、BI4Yの干渉計の計測値をモニタしつつウェハステージWS1をアライメント終了位置から投影レンズPLの下に基準マーク板FM1が位置づけられる図16の位置まで移動させる。この際、基準マーク板FM1を投影レンズPLの真下に位置決めする直前で測長軸BI3Yの干渉計ビームがウェハステージWS1の反射面に反射されるようになる。

【0172】この場合、ウェハステージWS1の位置制御は、測長軸BI1X、BI4Yの干渉計の計測値に基づいて行なわれているので、前述した第1の実施形態の場合と異なり、主制御装置90では、ウェハステージWS1の位置を正確に管理できおり、この時点（基準マーク板FM1を投影レンズPLの真下に位置決めする直前）で、測長軸BI3Yの干渉計をリセットする。リセット終了後、ウェハステージWS1の位置制御は測長軸BI1X、BI3Yの干渉計の計測値に基づいて行なわれるようになる（第1のステージ座標系から第2のステージ座標系に座標系の切り替えが行なわれる）。

【0173】その後、主制御装置90では図16に示される位置にウェハステージWS1を位置決めし、レチクル顕微鏡142、144を用いて前述した第1の実施形態の場合と同様に、露光光を用いて基準マーク板FM1上のマークMK1、MK3とそれに対応するレチクル上マークRMK1、RMK3のウェハ面上投影像の相対位置検出、すなわちマークRMK1、RMK3と露光位置（投影光学系PLの投影中心）との相対位置関係の検出を行なった後、予め求められている基準マーク板FM1上のマークMK2に対する各ショットの相対位置関係と

41

露光位置と基準マーク板FM1上マークMK1, MK3座標位置の相対位置関係より最終的に露光位置と各ショットの相対位置関係を算出し、その結果に応じて露光(前述した2重露光)を行なう(図11参照)。

【0174】この露光中に、露光位置に応じて測長軸BI4Yは反射面からはずれ計測不能となるが、既にウエハステージWS1の位置制御のための測長軸の切り換えが行なわれているので不都合は無い。

【0175】このようにして一方のウエハステージWS1側で露光シーケンスの動作が行なわれている間、他方のウエハステージWS2は、測長軸BI2X, BI5Yの干涉計の計測値に基づいて位置制御がなされており、W交換シーケンス及びウエハアライメントシーケンスが実行されている。この場合、ウエハステージWS1側では、前述の如く、2重露光が行なわれるので、ウエハステージWS2側のウエハ交換シーケンス及びウエハアライメントシーケンスの動作の方が先に終了し、ウエハステージWS2はその後待機状態となっている。

【0176】ウエハW1の露光が全て終了した時点で、主制御装置90では測長軸BI1X, BI3Yの干涉計の計測値をモニタしつつ、測長軸BI4Yの干涉計ビームがウエハステージWS1の反射面に反射される位置までウエハステージWS1を移動し、測長軸BI4Yの干涉計をリセットする。リセット動作終了後に、主制御装置90では再びウエハステージWS1の制御のための測長軸を測長軸BI1X, BI4Yに切り換えてウエハステージWS1をローディングポジションに移動する。

【0177】この移動中に、今度は測長軸BI3Yの干涉計ビームが反射面からはずれ計測不能となるが、既にウエハステージWS1の位置制御のための測長軸の切り換えが行なわれているので不都合は無い。

【0178】主制御装置90では、ウエハステージWS1のローディングポジションへ向けて移動させるのと並行して、ウエハステージWS2の基準マーク板FM2を投影光学系PLの下へ位置決めすべく、ウエハステージWS2の移動を開始する。この移動の途中で、前述と同様に測長軸BI3Yの干涉計のリセットを実行し、その後、前述と同様に、レチクル顕微鏡142、144を用いて基準マーク板FM2上のマークMK1, MK3とそれに対応するレチクル上マークRMK1, RMK3のウエハ面上投影像の相対位置検出、すなわちマークRMK1, RMK3と露光位置(投影光学系PLの投影中心)との相対位置関係の検出を行なった後、予め求められている基準マーク板FM2上のマークMK2に対する各ショットの相対位置関係と露光位置と基準マーク板FM2上マークMK1, MK3座標位置の相対位置関係より最終的に露光位置と各ショットの相対位置関係を算出し、その結果に応じて露光(前述した2重露光)を開始する。

【0179】図17には、このようにしてウエハステー

42

ジWS1がローディングポジションまで移動され、ウエハステージWS2側で露光シーケンスの動作が行なわれている時の様子が示されている。

【0180】このローディングポジションでは、第1の実施形態の場合と同様に、アライメント系24aの下に基準マーク板FM1上のマークMK2が位置づけられるようになっており、主制御装置90では、ウエハ交換終了と同時に第1のステージ座標系(BI1X, BI4Y)上でマークMK2の座標位置を第1の実施形態の場合と同様に検出する。次にウエハW1上のマークに対してEGA計測を実施し、同じ座標系における各ショットの座標位置を算出する。即ち、各ショットの座標位置から基準板FM1上のマークMK2の座標位置を減じてマークMK2に対する各ショットの相対位置関係を算出する。この時点でEGA動作を終了し、ウエハステージWS2上ウエハW2の露光終了を待つて、再び図16の状態に移行することとなる。

【0181】以上説明した本第2の実施形態の投影露光装置によると、前述した第1の実施形態と同等の効果をえられる他、アライメントシーケンスの動作終了後、露光シーケンスの動作に切り換える際のステージの移動の途中で切り換え前と切り換え後にそれぞれ使用される測長軸が同時にウエハステージの反射面で反射されるようにし、また、露光シーケンスの動作終了後、ウエハ交換・アライメントシーケンスの動作に切り換える際のステージの移動の途中で切り換え前と切り換え後にそれぞれ使用される測長軸が同時にウエハステージの反射面で反射されるようにしたことから、測長用干涉計リセット後に投影光学系PLを介した露光アライメントセンサ

(レチクルアライメント顕微鏡142, 144)により基準マーク板上のマーク計測を行い、ウエハ交換の際にもこれに先立って測長用干涉計のリセットを実行し、ウエハ交換終了後にオフアクシスアライメントセンサ(アライメント系24a, 24b)により基準板上のマーク計測を行うことが可能になる。従って、各アライメント系によるアライメント動作と投影光学系PLによる露光動作との切り換えの途中、及び投影光学系PLによる露光動作とウエハ交換動作の切り換えの途中で、切り換え後の動作で使用する測長軸を有する干涉計にステージ制御の干涉計を切り換えることが可能となる。従って、基準マーク板上のマーク計測と同時に測長軸の切り換えを行っていた第1の実施形態の場合に比べて一層スループットの向上を図ることが可能となる。

【0182】なお、上記第1、第2の実施形態では、本発明が二重露光法を用いてウエハの露光を行なう装置に適用された場合について説明したが、これは、前述の如く、本発明の装置により、一方のウエハステージ側で2枚のレチクルにて2回露光を行なう(二重露光)間に、独立に可動できる他方のウエハステージ側でウエハ交換とウエハアライメントを並行して実施する場合に、従来

の一重露光よりも高いスループットが得られるとともに解像力の大幅な向上が図れるという特に大きな効果があるためである。しかしながら、本発明の適用範囲がこれに限定されるものではなく、一重露光法により露光する場合にも本発明は好適に適用できるものである。例えば、8インチウエハの各処理時間(T1~T4)が前述と同様であるとする、本発明のように2つのウエハステージを使って一重露光法で露光処理する場合、T1、T2、T3を1グループとし(計30秒)、T4(28秒)と並列処理を行なうと、スループットは $THOR = 3600 / 30 = 120$ [枚/時]となり、1つのウエハステージを使って一重露光法を実施する従来装置のスループット $THOR = 62$ [枚/時]に比べてほぼ倍の高スループットを得ることが可能となる。

【0183】また、上記実施形態では、ステップ・アンド・スキャン方式により走査露光を行なう場合について説明したが、本発明がこれに限定されるものではなく、ステップ・アンド・リピート方式による静止露光を行なう場合及び電子線露光装置(EB露光装置)やX線露光装置、さらにはチップとチップを合成するスティッチング露光時であっても同様に適用できることは勿論である。

【0184】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1~4及び6~11に記載の発明によれば、スループットの向上及び基板ステージの小型・軽量化を図ることができるという従来にない優れた効果がある。

【0185】また、請求項5に記載の発明によれば、スループットの向上及びステージの小型・軽量化を図ることが可能な投影露光方法が提供される。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施形態にかかる投影露光装置の概略構成を示す図である。

【図2】2つのウエハステージとレチクルステージと投影光学系とアライメント系の位置関係を示す斜視図である。

【図3】ウエハステージの駆動機構の構成を示す平面図である。

【図4】投影光学系とアライメント系にそれぞれ設けられているAF/AL系を示す図である。

【図5】AF/AL系とTTRアライメント系の構成を示す投影露光装置の概略構成を示す図である。

【図6】図5のパターン形成板の形状を示す図である。

【図7】2つのウエハステージを使ってウエハ交換・アライメントシーケンスと露光シーケンスとが行なわれている状態を示す平面図である。

【図8】図7のウエハ交換・アライメントシーケンスと露光シーケンスとの切り換えを行なった状態を示す図である。

【図9】アライメント系による基準マーク板上の基準マ

ークの検出動作を説明するための図であって、(A)はアライメント系24aの真下に基準マーク板FM1上の基準マークMK2が位置づけられた様子を示す図、

(B)は基準マークMK2の形状の一例及びそれをアライメント系24aのFIA系センサで検出する画像取り込みの様子を示す図、(C)はマークMK2の画像をFIA系のセンサで取り込んだ際に画像処理系にて得られた波形信号を示す図である。

【図10】レチクルアライメント顕微鏡による基準マーク板上マークの計測動作を説明するための図であって、

(A)はレチクルアライメント顕微鏡により露光光を用いて基準マーク板FM1上マークMK1、MK3とそれに対応するレチクル上マークRMK1、RMK3のウエハ面上投影像の相対位置検出を行なっている様子を示す図、(B)はレチクルR上のマークRMKのウエハ面上投影像を示す図、(C)は基準マーク板上のマークMKを示す図、(D)は(A)における画像取り込みの様子を示す図、(E)は取り込まれた画像が処理され得られた波形信号を示す図である。

【図11】最終的に算出された露光位置と各ショットの相対位置関係に応じてウエハ上の各ショットの露光が行なわれる状態を示す概念図である。

【図12】2枚のレチクルを保持する二重露光用のレチクルステージを示す図である。

【図13】二重露光の際の露光順序を説明するための図であって、(A)は図12のパターンAのレチクルを使ってウエハの露光を行なう際の露光順序を示す図であり、(B)は図12のパターンBのレチクルを使ってウエハの露光を行なう際の露光順序を示す図である。

【図14】2つのウエハステージの一方に保持されたウエハ上の各ショット領域毎の露光順序を示す図である。

【図15】2つのウエハステージの他方に保持されたウエハ上の各ショット領域毎のマーク検出順序を示す図である。

【図16】第2の実施形態の動作を説明するための図であって、ウエハステージWS1上ウエハW1のアライメントが終了した後に測長軸BI3Yを有する干渉計のリセットを行なっている様子を示す図である。

【図17】第2の実施形態の動作を説明するための図であって、ウエハステージWS1がローディングポジションまで移動され、ウエハステージWS2側で露光シーケンスの動作が行なわれている時の様子を示す図である。

【符号の説明】

10 投影露光装置

24a、24b アライメント系

90 主制御装置

142、144 レチクルアライメント顕微鏡

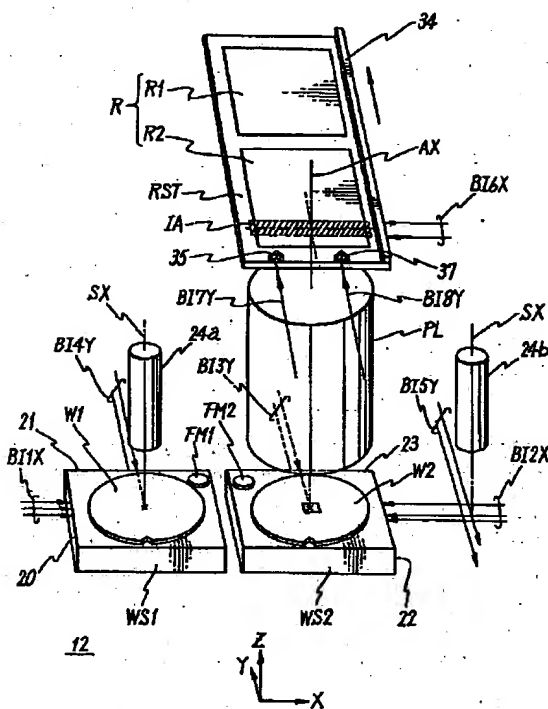
180 センターアップ

182 第1のローディングガイド

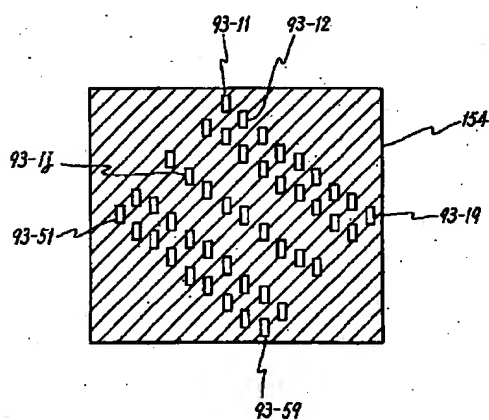
184 第1のアンロードアーム

200 第4のスライド
W1、W2 ウエハ
WS1、WS2 ウエハステージ
PL 投影光学系
BI1X~BI5Y 測長軸
R レチクル
MK1、MK2、MK3 基準マーク

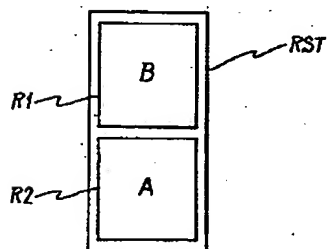
【图2】



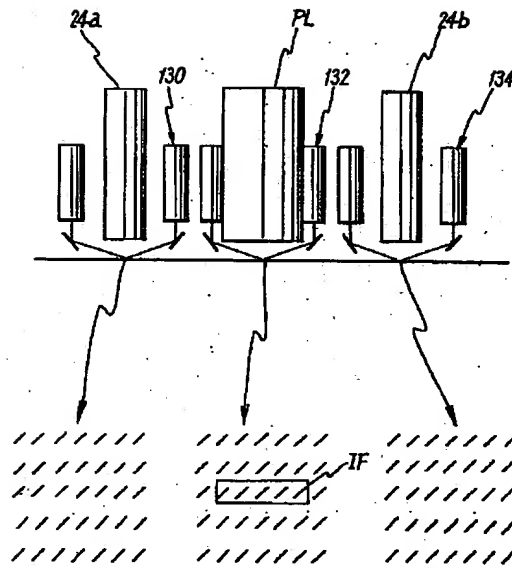
【図6】



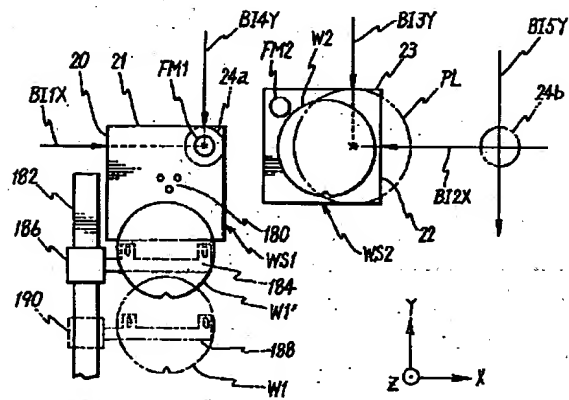
【图12】



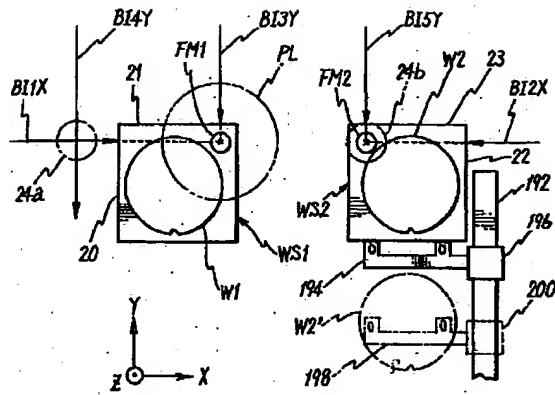
【図4】



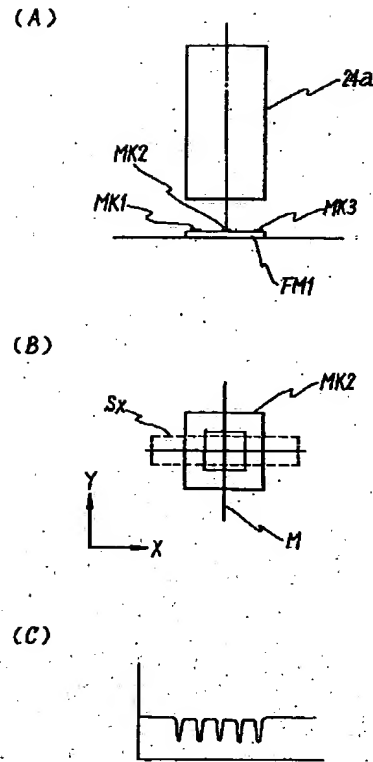
【図7】



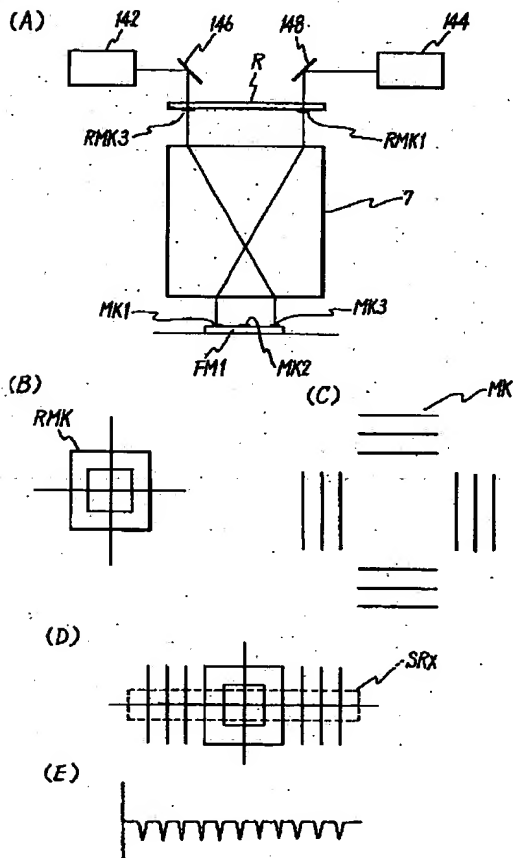
【図8】



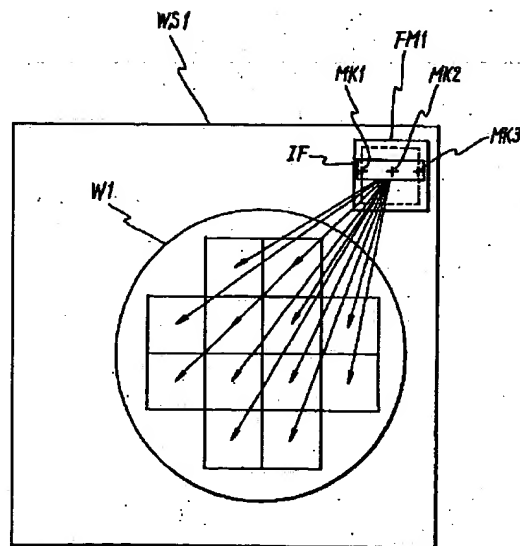
【図9】



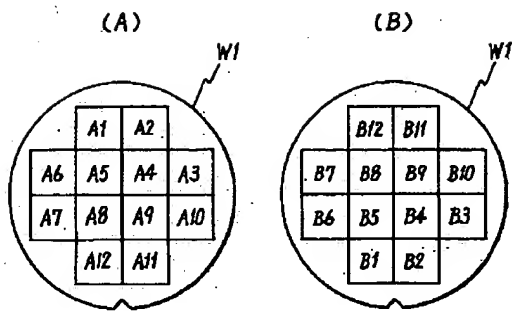
【図10】



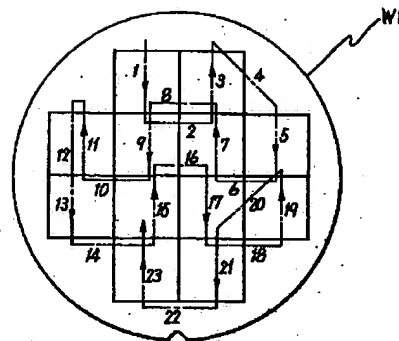
【図11】



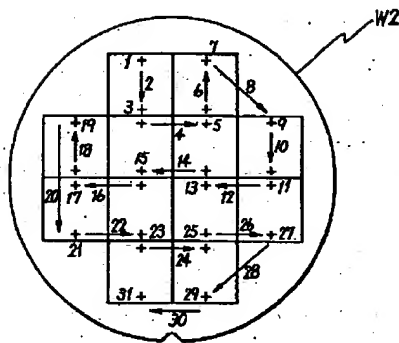
【図13】



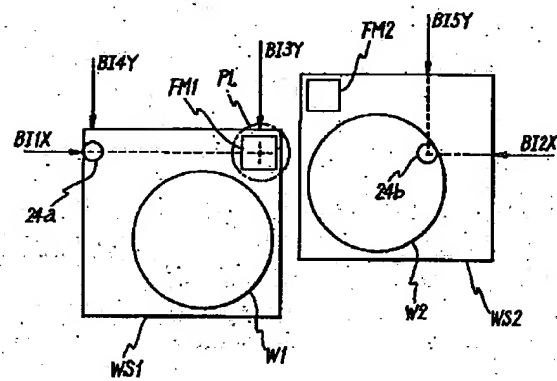
【図14】



【図15】



【図16】



【図17】

